

გ. თუმანიშვილი

ცოცხადი სისტემების
ონტოგენეზური თეორია



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 1991

წიგნში მოცემულია ცდა ინდივიდუალური ცოცხალი სისტემის მდგომარეობის და მდგომარეობათა მონაცვლეობის განმსაზღვრელი ზოგადი კანონების ჩამოყალიბებისა. ავტორის თეორიულ მოსაზრებებს საფუძვლად დაედო ინფორმაციის თეორიის ზოგიერთი დებულება. ცოცხალი სისტემა განხილულია მასში ინფორმაციის ოდენობისა და ინფორმაციული ნაკადების გათვალისწინებით. ჩამოყალიბებულია ოთხი ზოგადი აქსიომა, რასაც არა მარტო კვლევითი, არამედ მეთოდოლოგიური მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს. ინფორმაციული თვალსაზრისით განხილულია ადაპტაცია, დაბერება, უჭრედების დიფერენცირება და ზოგიერთი სხვა მოვლენა.

წიგნი გათვალისწინებულია ყველა სპეციალობის ბიოლოგებისათვის, ბიოლოგიით დაინტერესებული სხვა დარგების მეცნიერთათვის და ბიოლოგიის, ფიზიკისა და კიბერნეტიკის ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი თ. ნათიშვილი

რეცენზენტები: ნ. ჭავჭავაძე

მ. გედევანიშვილი

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1991

1903000000

T _____
608(06)—91

ISBN 5—511—00485—5

1. წ ა ნ ა მ ძ ლ ვ რ ე ბ ი

1.1. ბ ე რ მ ი ნ ო ლ ო პ ი ა

ნაშრომში გამოყენებული ტერმინები არც მაინცდამაინც ახალი და არც უჩვეულო იქნება, თუმცა თითო-ორთა ახალი ტერმინის შემოტანა მაინც მომიხდება, და ვიმედოვნებ, სათანადოდ განვმარტავ მათ. პირველ რიგში წიგნის სათაურში გამოყენებული, ორი სიტყვის შენახებაა საკირო მცირეოდენი განმარტება. ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ სიტყვა „სისტემა“ აქ არც პრეტენზიულობისა და არც მოღისათვისაა მოტანილი. ეს სიტყვა იმიტომაა ნახმარი, რათა დაეუახლოვოთ ჩვენი შესწავლის საგანი იმ გაგებასა და წარმოდგენებს, რომელიც კაცობრიობას ასე თუ ისე უკვე გააჩნია. ცოცხალი ორგანიზმი იმთავითვე მისტიკურობისა და ლეთაებრიობის შარავანდედში იყო გახვეული. სწორედ ეს გარემოება ორ უკიდურესობას წარმოშობდა. ორივე ეს უკიდურესობა აფერხებს ცოცხალ ორგანიზმზე სისტემატიკური და ზოგადი წარმოდგენის ჩამოყალიბებას. პირველი უკიდურესობა — საკითხის უხეირო გამარტივებაა, თუ შეიძლება ასე ითქვას, ცოცხალი ორგანიზმის „გამაჩქანება“. ცხადია, ამგვარად ჩამოყალიბებული წარმოდგენები ადამიანის ამპარტავნობისა და კადნიერების შედეგია და თავადაც მეტად ილუზორული და არაზუსტი აღმოჩნდება ხოლმე. მეორე უკიდურესობა კი, აღიარებს რა ცოცხალი ორგანიზმის „ზებუნებრივ თვისებებს“, საერთოდ ცოცხალის შესახებ რაიმეს გაგების ყოველგვარ იმედს გვიკარგავს, სიტყვა „სისტემის“ ხმარება აქ უდავოდ ამითაცაა გამართლებული, რომ სიცოცხლის მთავარი ნიშნები — ნივთიერებათა ცვლა და თვითრეპროდუქცია — არასოდეს ახასიათებს ერთ ცალკე მოღეკულას. ცნობილია, რომ ნუკლეინის მჟავების რეპლიკაცია სისტემის გარეშე არასოდეს ხდება. არც

ცილის ცალკეულ მოლეკულებს აქვთ სასიცოცხლო ნიშნები. ფერმენტის მოლეკულაც კი, თუმცა მას ფერმენტული აქტიურობა ახასიათებს, მხოლოდ ფერმენტია და არა ცოცხალი ორგანიზმი. ცოცხალი ორგანიზმის შემადგენელი კომპონენტების, თუ კომპონენტად მოლეკულას ჩავთვლით, რიცხვი ყოველთვის 1-ზე მეტია*. სწორედ, ყოველივე ამის გამო, უფრო პერსპექტიულად მიმაჩნია ცოცხალი ორგანიზმის, როგორც თავისებური სისტემის განხილვა, იმავე წარმოდგენებისა და ტერმინების გამოყენებით, რომლებსაც ყოველგვარი სხვა სისტემის განხილვისას ვხმარობთ. მაშინ, გავიგებთ რა, თუ რა ამსგავსებს ყველა ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემას, უფრო ადვილად გამოვავლენთ მათ შორის არსებით განსხვავებებს და ეს ხომ სწორედ ცოცხალი სისტემის არსებითი თავისებურებებიც იქნება. ამ ხერხის გამოყენებამ, შესაძლოა ორივე ზემოთ მოხსენიებული უკიდურესობა აგვარიდებინოს თავიდან.

ამგვარი მიდგომა ახალი არ არის და ამჟამად ფართოდაა გავრცელებული. ამგვარად, ვფიქრობთ, სიტყვა „სისტემა“ მკითხველს გარკვეულად განაწყობს და მიუნიშნებს, თუ როგორ და რა წესით იქნება განხილული ჩემს მიერ ცოცხალი ორგანიზმი.

მეორე სიტყვა, რომელიც ასევე განმარტებას მოითხოვს, ტერმინი — „ონტოგენეზურია“. აქ ამ ცნებას რაიმე პრეტენზია არა აქვს. ის მხოლოდ ჩემი ამოცანის ფარგლებს მოხაზავს. განხილული იქნება მხოლოდ ცოცხალი ინდივიდუალური სისტემის ძირითადი თვისებები. ამ წიგნში გამოთქმული მოსაზრებები ონტოგენეზის ფარგლებს იშვიათად თუ გაცდება. ასევე, მხოლოდ უკიდურესად ზოგადად იქნება მოხსენიებული სისტემის გარემოსთან ურთიერთობა და ე. წ. პოპულაციური ეფექტები. ორივე ეს პრობლემა ეკოლოგიას ეხება და სპეციალურ ცოდნას მოითხოვს. რბივე ეხება ფილოგენეზის საკითხებსაც. მათ მხოლოდ წინამდებარე ნაშრომის ბოლოში შევუხებები, სადაც ონტოგენეზური თეორიიდან გამომდინარე ერთი, ჩემი აზრით, მეტად საგულისხმო შედეგი იქნება აღწერილი. თუმცა წმინდა ენობრივი თვალსაზრის-

* რაც შეეხება ფ. ენგელსის განსაზღვრებას „სიცოცხლისა, როგორც „ცილოვანი სხეულების არსებობის ფორმისა“, ის თანამედროვე ცოდნის პოზიციიდან მდლარად უნდა ჩაითვალოს, რაც ფ. ენგელსის დროს ბიოლოგიურ ცოდნის მარავის ნაკლებობით აიხსნება.

სით ტერმინი „ონტოგენეზური“ აშკარად უხერხულად ვლერს, ტერმინს „ონტოგენეზის თეორია“ აქ საულ ვერ ვიხმართ. ეს მეტის-მეტად დიდი პრეტენზია იქნებოდა. ონტოგენეზის თეორია გაცი-ლებით უფრო ფართო და მრავლისმომცველი უნდა ყოფილიყო, ვიდრე ეს პატარა წიგნია.

1. 2. თეორია

გამოცდილება აჩვენებს, რომ მეცნიერებაში თითქოსდა მეტად გავრცელებული და საყოველთაოდ ცნობილი ცნებები ხშირად სხვადასხვა აზრით იხმარება, რაც გარღვევალ და უმეტესად, უიმე-დო აღრევას იწვევს. არც თეორიის ცნებაა გამონაკლისი. ამიტომ მიზანშეწონილად მიმაჩნია განვმარტო ნაშრომში გამოყენებული ცნებების შინაარსი.

თეორია არის წარმოდგენათა ჩამოყალიბებული და ურთი-ერთმიმართებაში მოყვანილი კონსტრუქცია, რომელიც ფორმა-ლურად სრულად და ამომწურავად ასახავს სისტემას, მოვლენასა თუ საგანს ყველა მისი თვისებითა და ფუნქციური გამოვლინებით.

ამ განსაზღვრებიდან გამომდინარე, თეორია შეიძლება უსაზღ-კროდ ნებისმიერი იყოს. მის მიმართ წაყენებული ერთადერთი მოთხოვნა კი ის იქნება, რომ ის შინაგან წინააღმდეგობებს არ შეი-ცავდეს და ობიექტზე (განსამარტავზე, აღსაწერზე), ანუ ექსპლა-ნანდუმზე ცოტად თუ ბევრად სრულ წარმოდგენას გვიქმნიდეს. ამგვარად განხილვისას თეორიის ცნება სავსებით ემთხვევა ჰიპო-თეზის ცნებას. ამავე დროს, ორივე ამ ცნების შენარჩუნება სა-სარგებლოდ მიმაჩნია. ამიტომ შევეცდები განვმარტო ცალ-ცალკე— რა იქნება ნაგულისხმევი თეორიისა და რა — ჰიპოთეზის ქვეშ. ეს ადვილი როდია. ამ ცნებების გამიჯვნა ერთმანეთისაგან მხოლოდ რაღაც უკიდურეს შემთხვევაში თუ შეიძლება.

შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ჰიპოთეზისათვის საკმარისია წი-ნა სწარ მხოლოდ ექსპლანანდუმი (განსამარტავი, აღსა-წერი, შესასწავლი) იყოს მოცემული, ექსპლანანსი კი (რაც განმარტავს, აღწერს, არკვევს) — მთლიანად ნებისმიერი, აპრიორულად შემოტანილი იყოს. ყოველ შემთხვევაში, ჰიპოთე-ზის აგებისათვის საკმარისია ობიექტური მონაცემების მხოლოდ

მეტად მცირე რიცხვი. ამავე დროს თეორია უნდა ემყარებოდეს და აკავშირებდეს ობიექტური მონაცემების უფრო დიდ რიცხვს. ამრიგად, თეორიის ექსპლანანსი უფრო რეალური და ობიექტურად მდიდარი უნდა იყოს.

გამომდინარე ზემოთ ნათქვამიდან, თეორიას რამდენიმე აუცილებელი თვისება აქვს:

1. თეორია უსათუოდ განზოგადების ნიშანს უნდა ატარებდეს, ზოგადი და კერძო თეორია ერთმანეთისაგან მხოლოდ ზოგადობის ხარისხით განსხვავდება: თეორია განზოგადების გარეშე უაზროა. 2. თეორია უნდა ემყარებოდეს კარგად დადგენილ (ყოველ შემთხვევაში, ცოდნის თანადროულ დონეზე) ექსპერიმენტულ ან დაკვირვებით მოპოვებული ფაქტების გარკვეულ რიცხვს; ამასთან, დასაშვებია, რომ ამ ფაქტების რიცხვი მაინცდამაინც დიდი არ იყოს, მაგრამ მისი დაბეჭდვით დადგენა და კარგად დასაბუთება არის აუცილებელი. 3: ექსპლანანსში შეკავშირებული მონაცემები, ფაქტები და დებულებები ლოგიკურად შერწყმული უნდა იყოს. გარდა ამისა, თეორია შინაგანი წინააღმდეგობების შექმნის გარეშე უნდა იტევდეს და იერთებდეს ახალ ექსპერიმენტულ ან დაკვირვებით მოპოვებულ ფაქტებს; 4. თეორია შემეცნებითი პროგნოზირებისა და შემდგომი ცდების დაგეგმვის საშუალებას უნდა იძლეოდეს; 5. თეორიის შექმნა შეუძლებელია მოვლენების აზრისმიერი გამარტივებისა და იდეალიზაციის გარეშე.

სრულიად აშკარაა, რომ თეორია მცდარიც შეიძლება იყოს. ხშირად, ფიქრობენ, რომ ფაქტი, რომელიც ამა თუ იმ თეორიას არ ეთანხმება, გარდუვალად უარყოფს მას. იდეალურ შემთხვევაში ეს ასეც არის, მაგრამ რეალურ პირობებში ყოველთვის ასე როდია. თვით ფაქტი შეიძლება ექსპერიმენტულად უმართებულად, არაადეკვატურ პირობებში იყოს მიღებული და არსებითად მხოლოდ გვირეცდეს გზას, თეორიასთან კი არც კი ჰქონდეს კავშირი. ამ მოსაზრებას განსაკუთრებით ბიოლოგიაში უნდა გაეწიოს ანგარიში, რადგანაც ექსპერიმენტული შეცდომების ალბათობა ამ დარგში განსაკუთრებით დიდია. მართლაც, ყოველგვარი ექსპერიმენტული პირობების შექმნა თავისთავად არღვევს სისტემის ფუნქციონირების ნორმალურ ვითარებას, რაც მუდამ ძლიერ ძნე-

ლი გასათვალისწინებელია. თუკი გამარტივებასა და იდეალიზაციაზე ვისაუბრებთ. აქ ალბათ გასაგები უნდა იყოს, რომ იდეალიზაცია-სა და გამარტივებას თეორია იმიტომ მოითხოვს, რომ მოვლენა ან საგანი შემეცნებად, გააზრებისათვის მისაწვდომ სახემდე დაიყვანოს. სხვაგვარად კი მოვლენების ევრისტიკული თუ პრაქტიკული შეცნობა უიმედო ხდება.

თეორიის თვისებებსა და მის ფილოსოფიურ საფუძვლებს აქ არ განვიხილავთ. ეს სრულიად ცალკე და ამასთან რთული თემაა. ყოველივე ეს შეიძლება რიუზის [46] წიგნში ინახოს. ეს სრულიადაც არ ნიშნავს. იმას, რომ რიუზის ყველა დებულებას ვიზიარებდეთ. მაგრამ ფაქტობრივი მხარე მის წიგნში სრულად და ობიექტურადაა მოცემული. მიუხედავად ამისა, ზოგი რამ მაინც უნდა ითქვას იმ სპეციფიკურ სიძნელეებზე, რომლებიც ბიოლოგიური თეორიების შექმნისას გვხვდება. ნაირა სალამატიანასთან ერთად დაწერილ წიგნში [60] ჩვენმა განცხადებამ — „ბიოლოგებს თეორია არ უყვართ“ ბევრი გამოჩენილი მეცნიერი გაანაწყენა. სამწუხაროდ, აშკარად ეს მხოლოდ ერთხელ გამოიხატა. მხედველობაში მაქვს ა. კნორეს რეცენზია [25]. თეორიისადმი პატივისცემის მაგივრად. (რაც ა. კნორეს აშკარად სურდა დაემტკიცებინა), მან სინამდვილეში ბიოლოგიური თეორიის უარყოფისა და მცდარობისათვის გაიბრძოლა. განა ტყუილად გვისაყვედურებდა ა. კნორე — კონკრეტული უჩრედების ნაცვლად ავტორებმა კვადრატები და რგოლები დახაზესო. ა. კნორე განზოგადებას ედავებოდა, განზოგადების გარეშე კი, ცხადია, არავითარი თეორია არ შეიქმნება.

ერთობ საწყენია, რომ ჩემსა და ა. კნორეს შორის პრესაში დისკუსია არ გამართულა. ჩვენი დავა მხოლოდ პირადი საუბრით ამოიწურა. სამწუხაროდ, შემდგომმა პუბლიკაციებმა (იხ. ლიტერატურის სია) ა. კნორეს ველარ მოუსწრო — ის მათ დაბეჭდვამდე გარდაიცვალა. სხვათა შორის, ჩვენს წიგნთან ერთდროულად გამოსულ რიუზის წიგნშიც აღნიშნულია სპეციალისტების ბიოლოგიური თეორიისადმი სკეპტიკური და გადაჭარბებით დაყურადებული დამოკიდებულება. ზოგი მეცნიერი ბიოლოგიური თეორიის შექმნას საერთოდ შეუძლებლად და არასაპიროდ თვლის. რიუზს მოჰყავს სმარტის გამონათქვამი, სადაც გაცხადებულია — არც ელექტრონიკას და არც ხიდთმშენებლობას თეორია არ აქვს. ეს ჩვენ

არც გვაწუხებს და უამისოდაც კარგად ვართმევთ საქმეს თავსო [46]. ამ შემთხვევაში სმარტი უდავოდ მართალია, მაგრამ არ უნდა გვაეიწყებოდეს, რომ ხილთმშენებლობაცა და ელექტრონიკაც მთლიანად ექვემდებარებიან ფიზიკის კანონებს და მათ ჩარჩოებს არ სცდებიან. ხილთმშენებლობაცა და ელექტრონიკაც საბოლოო ჯამში ფიზიკის საგანია. ბიოლოგიას კი საკუთარი განსხვავებული ობიექტი და საგანი გააჩნია, რომელიც ერთგვარად სხვა კანონზომიერებებს ექვემდებარება, ვიდრე ნებისმიერი არაცოცხალი (ფიზიკური) სისტემა. სწორედ არაცოცხალ სისტემებსა და ცოცხალ სისტემას შორის განსხვავების ამ რხსნა და დადგენაა ბიოლოგიური თეორიის უპირველესი ამოცანა.

ცოტად თუ ბევრად უარყოფითი დამოკიდებულება თეორიისადმი, რომელიც ამჟამადაც ერთობ ფეხმოკიდებულია მეცნიერებაში, ისტორიულად ჩამოყალიბდა. იგი წარმოშვა იმ მისტიკურმა მოწიწებამ, რომელიც ცოცხალი სამყაროს შესახებ გააჩნდათ. ამგვარ განწყობას სიცოცხლის სირთულე და სასწაულებრივი იერი იწვევდა. ამის გამო, მეცნიერება შესაბამის დარგებში უფრო ფაქტებს აგროვებდა, ვიდრე განზოგადობას ბედავდა. სულ სხვაგვარად იქცეოდნენ სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა შემსწავლენი, განსაკუთრებით კი ფიზიკოსები. ფიზიკაში თეორია ყოველთვის უსწრებდა ექსპერიმენტულ დამუშავებას. ამგვარად, ცდები ადასტურებდნენ ან უარყოფდნენ თეორიას, ხოლო უკანასკნელის ნაცვლად ახალ თეორიას წამოაყენებდნენ ხოლმე. ამგვარად, ფიზიკაში ყოველთვის გააჩნდათ წარმოდგენათა სისტემა, რომელიც ახალ გამოკვლევებს გეზს აძლევდა და ტექნიკის და აზროვნების იმჟამინდელ დონეს შეესაბამებოდა. ამგვარმა გზამ შედეგებიც გამოიღო. ბიოლოგიაში ყველაფერი პირიქით მოხდა. რაც დრო გადის, ფაქტების კორიანტელში გზის გაგნება სულ უფრო და უფრო ჰირს და, მიუხედავად კერძო დარგებში ბრწყინვალე მიღწევებისა, ჩვენი წარმოდგენა საკუთრივ ცოცხალ სისტემაზე არათუ სრულყოფილი, შესაძლოა, უფრო ბუნდოვანიც ხდება.

მოზღვავებული ფაქტების უწესრიგო გროვა მეტად მწვავედ აყენებს თეორიის შექმნის აუცილებლობას, სწორედ ამ გარემოე-

ბითაა ნაკარნახევი ამ წიგნის დაწერაც. რწმენას მმატებს ის, რომ იქ, სადაც ბიოლოგიაში თეორია შეიქმნა, წარმატებაც საგრძნობი იყო. აქ, უპირველეს ყოვლისა გენეტიკა და ევოლუციური მოძღვრებაა მოსატანი*. სხვაც რომ არ იყოს, გენეტიკის წარმატებები საყოველთაოდაა ცნობილი. ხოლო გენეტიკა კი, შეიძლება ითქვას, ბიოლოგიური დარგებიდან ერთ-ერთი ყველაზე „თეორიულთაგანია“.

ამრიგად, მე, იქნებ მეტისმეტად თამამად, მინდა სწორედ გავრცელებულის საპირისპირო აზრი გამოვთქვა: ბიოლოგიაში თეორიის შექმნა თანამედროვე ეტაპზე მისი განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. შესაძლოა, ზოგადი თეორიის გარეშე ბიოლოგიის წინსვლა შესამჩნევად შეფერხდეს. ბიოლოგებს მართებთ გადალახონ უმართებულოდ ჩამოყალიბებული მუხრუჭები და დარი და ძალ-ღონე დაუთმონ განმაზოგადებელი სქემების შექმნას.

1.8. აქსიომები

თუკი თეორიაზე მიდგა საქმე, ვერც აქსიომატიზაციას ავეუვლით გვერდს. ყოველ თეორიას ასე თუ ისე აქსიომების რიგი უდევს საფუძვლად. ალბათ აქსიომის ცნების განმარტების აქ მოტანას ზოგიერთი მკითხველი საკვირველად მიიჩნევს, მაგრამ საშუალო სკოლიდან გამოყოლილი მცდარი წარმოდგენები ხშირად უბრალო საკითხების საოცარ აღრევასაც იწვევს. აქსიომის ყველაზე გავრცელებული განსაზღვრება მდგომარეობს შემდეგში: აქსიომა ისეთი დებულებაა, რომელიც დამტკიცებას არ მოითხოვსო. ეს ასეც არის და არც სავსებით ასეა. მართლაც, მოტანილი განსაზღვრება იმას რომ ნიშნავდეს, თითქოს დებულება იმდენად ცხადია და აშკარაა, რომ არავითარ დამტკიცებას არ საჭიროებს, მასში ჩაქსოვილი ინფორმაცია მეტად მცირე იქნებოდა და იგი ტრივიალურ მტკიცებამდე დავიდოდა. სინამდვილეში კი აქსიომა დამტკიცებას იმიტომ არ მოითხოვს, რომ ერთხელ და სამუდამოდაა მიღებული დანარჩენი მსჯელობის საფუძვლად; და რაკი მიღებუ-

* ამ საკითხზე ზოგი მოსაზრება უკვე გამოითქვა ჩემ მიერ [60] და მასზე საუბარს აღარ გავაგრძელებ.

ლია, აღარც დამტკიცებას ითხოვს. სწორედ ამავნა აქსიომის ფასი. ამიტომაც, აქსიომა, თუმცა თავისი ბუნებით აპრიორულია და ნებისმიერი, მაინც დასაბუთებას მოითხოვს, რათა თეორიის გამოსავალი და თავისთავად ცხადად ქმნილი დებულებები აბსურდული და უაზრო არ იყოს. მაშასადამე, აქსიომა სულაც არ არის ტრივიალური ცნება, როგორც ამას ა. კნორე [25] ფიქრობს. ის თავის უკვე მოხსენიებულ რეცენზიაში გვისაყვედურებდა: თუკი აქსიომებია, ამდენი დამტკიცება რაღად უნდაო.

რადგანაც მე თეორიის მსგავსი ნაგებობის შემოთავაზება ვიკისრე, ცხადია, აქსიომებს ვერც მე გავეჭვევი. თავს ნებას მივცემ ეს აქსიომები ჯეროვნად დავასაბუთო. არსებითად, სწორედ ეს აქსიომათა რიგი თვით თეორიაც იქნება.

ბიოლოგიური აქსიომატიკის შექმნის აუცილებლობას დღესდღეობით სხვა ავტორებიც გრძნობენ. არცთუ ისე დიდი ხანია, რაც მედნიკოვმა თავისი აქსიომები ჩამოაყალიბა [34]. ეს აქსიომები უფრო ზოგადია, ვიდრე ჩემს ნაშრომში მოტანილი აქსიომები, მიუხედავად იმისა, დავეთანხმებით თუ არა ავტორს, მის მიერ აქსიომების ჩამოყალიბება მისასაღებელი და სასარგებლო საქმეა.

1. ინფორმაცია

ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში ამ სიტყვამ ძალიან მოიკიდა ფეხი. სამწუხაროდ, ყველამ ვინც ამ სიტყვას ხმარობს, როდი იცის მისი ზუსტი თანამედროვე მნიშვნელობა. ინფორმაციის ცნება, ბუნებრივია, ინფორმაციის თეორიიდანაა გადმოღებული. ინფორმაციის თეორია მათემატიკური დარგია და უკიდურესად ფორმალიზებულიც არის. ამგვარი ფორმალიზაცია ხშირად მის ქეშმარიტ აზრს აბუნდოვანებს და მაშინ, ჩემი აზრით, სასარგებლო ხდება ინფორმაციის თეორიის დებულებების სიტყვიერი ცნებების ენაზე გადმოთარგმნა. ამგვარი „თარგმანი“ ადვილებს ინფორმაციის თეორიის მისთვის ახალ დარგებზე გავრცელებას. თუმცა გასათვალისწინებელია ისიც, როდესაც ცდილობ შენებურად გაიგო და გადმოსცე რაიმე მეცნიერული თეორია, ის გარდუეალად ინდივიდუალურ ელფერს იღებს, რადგანაც მისთვის უჩვეულო ენაზე გადმოცემული უჩვეულო ელერადობას იძენს. ასეა თუ ისე,

მათემატიკაში გაუთვითცნობიერებელი კაცი, მაინც მივმართავ ინფორმაციის თეორიას. იმედია თავის ქებად არ ჩამომერთმევა იმის გახსენება, რომ ჩემი და ნ. სალამატიანას წიგნი ინფორმაციის თეორიის სპეციალისტებსაც წაუკითხავთ და მეც მისაუბრია მათემატიკოსებთან. ჩემდა გასაკვირად, მათ ჩემი წარმოდგენა მაინც-ღამაინც გაუგებრად ან საჩოთიროდ არ მიუღიათ და მის განხილვაშიც ჩაბმულან.

აქ მოკლედ ჩამოვაყალიბებ ინფორმაციის ცნებაზე ჩემს წარმოდგენას, რომელსაც შემდგომ მსჯელობაში გამოვიყენებ. ამგვარი გადმოცემა მკითხველს შეუძლია უკვე არაერთხელ მოხსენიებულ წიგნში [60] იპოვოს. მე თითქმის სავსებით ავეუვლი გვერდს ყოველგვარ მათემატიკურ გამოსახულებებს ცნობილი შენონის ფორმულის ჩათვლით, თუმცა ამგვარ გადმოცემაშიც კი მათემატიკა შენიღბული სახით მაინც იარსებებს.

უპირველეს ყოვლისა, ხაზი უნდა გავესვას იმას, რომ ინფორმაცია, თუკი ცნობათა რიგზეა საუბარი, ამ ცნობების საშუალებით გაუქმებული განუზღვრელობის ზომაა. რაც მეტია გაუქმებული განუზღვრელობა, მით უფრო მეტია გადმოწოდებული ინფორმაცია. ამავე დროს, და ჩვენთვის კი ეს უდავოდ მნიშვნელოვანია, გადმოწოდებულ ინფორმაციას ძახილების, ინსტრუქციებისა და ბრძანებების სახეც შეიძლება ჰქონდეს. ამგვარი ძახილები კი შეიძლება რაიმე მოწესრიგებული, მიზანდასახული მოქმედების საფუძველი გახდეს. ცხადია, რაც უფრო რთული და კანონზომიერი და დასახული ამოცანა, მით უფრო მეტი ცნობა, ინსტრუქციაა საჭირო. საგულისხმოა ისიც, რომ ნებისმიერი სისტემის აგებას ან ცნობიერებაში წარმოდგენას (წარმოსახვას) ინფორმაცია სჭირდება.

ინფორმაცია განუყრელადაა დაკავშირებული ორ თვისებასთან: ალბათობასთან და ცნობებთან. რაც უფრო შემთხვევითია ცნობების გადმოწოდების წესი (კოსას „მთვრალი ტელეგრაფისტი“ [25]), მით უფრო დიდია მისი ალბათობა — და მით უფრო ნაკლებია ამგვარი ცნობის ინფორმაცია. უკეთ რომ ვთქვათ, ყოველივე კანონზომიერი და განსაზღვრული ნაკლებადაა ალბათი, ვიდრე შემთხვევითი და განუზღვრელი.

ის, რაც შედარებით ადვილი გასაგებია ცნობათა რიგისათვის,

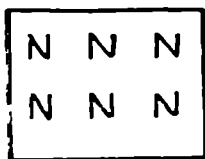
შეიძლება სრულიად გაუგებარი გახდეს სისტემის დახასიათებისათვის გამოყენებისას. მართლაც, როგორ დავუყავშიროთ განუზღვრელობის გაუქმება და ალბათობა სისტემას?

ამის ნიშანი უკვე ზევით მოტანილ მსჯელობაში გამოჩნდა. როგორც აღვნიშნეთ, ნებისმიერი სისტემის აგებას ან ცნობიერებაში წარმოსახვას ინფორმაცია, ე. ი. ცნობათა რიგი სჭირდება. სისტემა ხომ მოწესრიგებული, ორგანიზებული კონსტრუქციაა. თუკი ჩვენ ნებისმიერი სისტემის შემადგენელი კომპონენტები შემთხვევით „გავათამაშეთ“, იმის ალბათობა, რომ რაიმე ორგანიზებულსა და მოწესრიგებულს მივიღებთ, მეტად მცირე იქნება. რაც უფრო რთული იქნება დაგეგმილი სისტემა, რაც უფრო ზუსტი იქნება მისი კომპონენტების ურთიერთმიმართება, მით უფრო ნაკლებია ამგვარი სისტემის შემთხვევით შექმნის ალბათობა. რადგანაც სისტემის აგებისათვის ან ჩვენს წარმოდგენაში ასახვისათვის მისი შემთხვევითობის ხარისხი უნდა შევამციროთ და მისი კომპონენტების ურთიერთმიმართება კანონზომიერი გახადოთ, მასში უდავოდ ცნობების რიგი უნდა შევიტანოთ. ცხადია, უნდა ვიცოდეთ, როგორ და რა კანონების თანახმად არიან შეკავშირებული სისტემის ნაწილები. რაც უფრო ნაკლებად შემთხვევითია სისტემა, რაც უფრო რთულია მისი კომპონენტების ურთიერთმიმართება, რაც უფრო მოწესრიგებული და ორგანიზებულია ის, მით უფრო მეტია მასში შეტანილი და დაბანდებული ინფორმაციის ოდენობა.

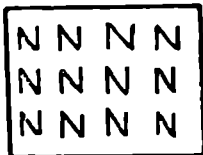
ამგვარად, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ინფორმაცია არა მარტო გაუქმებული განუზღვრელობის ზომაა, არამედ სისტემის სირთულისა და მოწესრიგებულობის ზომაც არის.

სირთულე და მოწესრიგებულობა სინონიმები არ არის. ამ ორი ცნების გარჩევა კი ხშირად ძნელია. იქნებ, არცთუ სავსებით ზუსტად, სირთულე შეიძლება განიხილვოდეს, როგორც სისტემის შემადგენელ კომპონენტთა და მათ ნაირგვარობათა რიცხვი, ხოლო მოწესრიგებულობა კი — ამ კომპონენტების დროსა და სივრცეში ურთიერთშეკავშირება. რაც უფრო მეტი კომპონენტისაგან შედგება სისტემა და რაც უფრო ნაირგვარია ეს კომპონენტები, მით უფრო რთულია სისტემა (ნახ. 1). რაც შეეხება მოწესრიგებულობას, ის ყოველთვის კომპონენტებს შორის კანონზომიერია კავშირის შედეგია. მოქმედი სისტემებისათვის ეს კავშირი ფუნქ-

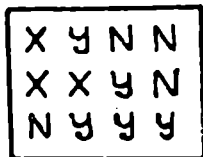
ციური ხასიათისაა. ალბათ ზემოთ აღნიშნულის გამო ზოგიერთ მეცნიერს უჩვენია ტერმინი „ორგანიზაცია“ იხმაროს [10]. ეს ცნება ერთგვარად აერთიანებს სირთულისა და წესრიგის ცნებებს.



ა



ბ



ც.

ნახ. 1. b სისტემა უფრო რთულია, ვიდრე a სისტემა, რადგანაც მასში შე-
მაჯავლი კომპონენტების რიცხვი მეტია, ვიდრე a სისტემაში შემაჯავლი კომპო-
ნენტების რიცხვი. ამავე დროს c სისტემა უფრო რთულია, ვიდრე b სისტემა,
რადგანაც ის სამგვარ კომპონენტს შეიცავს, ხოლო b სისტემა კი — მხოლოდ
ერთი ტიპისას.

მოწესრიგებულობისაგან განსხვავებით, ორგანიზაციის ცნება შეიცავს სისტემის არსებობის ან ფუნქციონირების მიზანს [10]. მართლაც, სისტემა შესაძლებელია ფრიად არაშემთხვევითი, არა-
ალბათი იყოს და ამავე დროს სრულიად შეუსაბამო მისთვის მიჩე-
ნილი ფუნქციისა. ამგვარად ჩვენთვის არა აქვს მნიშვნელობა, რამ-
დენად უნივერსალურია ორგანიზაციისა და მიზნის ცნება, რადგან-
აც ბიოლოგიური სისტემა ყოველგვარი ექვეს გარეშე რევე-
ლირებადი, მართვადი და ადაპტიური სისტემაა. მიზნის ცნების ნე-
ბისმიერ სისტემაზე გავრცელების შესაძლებლობის დამადასტურე-
ბელი საბუთები (10) ნაშრომში შეიძლება იხაზოს.

აქ ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ საკითხის ამგვარი დაყენება შესაძლოა კლასიკურ ინფორმაციის თეორიაჟ კარგად ვერც მიე-
სადაგოს, რადგანაც იგი მოვლენათა სემანტიკურ მხარეს ჩვეულებ-
რივად არ იხილავს. ამგვარად, წესრიგი და ორგანიზაცია ყოველ-
თვის ადვილი გასარჩევი როდი იქნება. ფორმალურად შეიძლება
ვალთაროთ, რომ მიზნის კატეგორიის სისტემისადმი მიწერა აე-
ტომატურად გაზრდის მისი ინფორმაციის ოდენობას, რადგანაც
მისი აღწერისათვის დამატებითი ინსტრუქციები გახდება საჭირო.

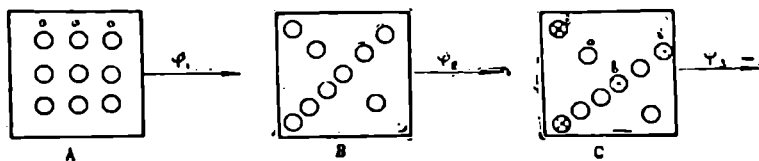
ყოველივე ამას ისიც უნდა დაემატოს, რომ დინამიკური სისტემების ინფორმაცია საშუალოდ სტატიკური, „გაყინული“ სისტემების ინფორმაციაზე შესამჩნევად დიდია. ინფორმაციის დიდ ნაწილი კომპონენტების მოქმედების დროში შეთანხმებაზე მოდის. ამიტომაცაა, რომ, როდესაც გეოდაკიანს [10] ორგანიზაციის ცნების მიზანშეწონილების დასასაბუთებლად მაგალითები მოჰყავს და სხვადასხვა სისტემებს ერთმანეთთან ადარებს, მისი მსჯელობა ყოველთვის ზუსტი არ უნდა იყოს. კომპონენტების მოქმედების დროში შეთანხმება, სისტემის დროით ორგანიზაციას, ბიოლოგიური სისტემების განხილვისთვის: განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს. მაშ, ინფორმაცია სისტემის ორგანიზაციის ხარისხის ზომა ყოფილა. რაღა თქმა უნდა, რაც უფრო მეტია სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი, მით უფრო ნაკლებად წააგავს ის შემთხვევით წარმონაქმნს, მით უფრო ნაკლებად შემთხვევითი სახე აქვს მას და, აქედან, მით უფრო ნაკლებია მისი შემთხვევით შექმნის ალბათობა.

თუკი ინფორმაციის რაოდენობა სისტემის მდგომარეობის ამსახველ სიდიდედ ამოვიჩიოთ, მისი გაზომვის, განსაზღვრის წესიც უნდა შევარჩიოთ. ჩემი აზრით, ყველაზე რეალური იქნება გავზომოთ სისტემის ინფორმაციის ოდენობა (მოცულობა) იმ ინსტრუქციების რაოდენობის საშუალებით, რომელიც საჭიროა მოცემული სისტემის აგებისა ან ჩვენს წარმოდგენაში ასახვისათვის. ცხადია, რაც უფრო ორგანიზებულია (რთული და მოწესრიგებული) სისტემა, მით უფრო მეტი ინსტრუქციაა საჭირო მის ასაგებად ან წარმოსახავად. თუკი სისტემა აბსოლუტურად შემთხვევითია, მაგალითად, უაზრო ნაწილების უწესრიგო ხროვა, მის ასაგებად საჭირო ინსტრუქციების რაოდენობაცა და მისი ინფორმაციაც ნულს უახლოვდება. ეს კი გარდუვალად იმას ნიშნავს, რომ, რაც მეტია სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი, მით უფრო მეტია მისი ინფორმაცია და მით უფრო მეტი იქნება მისი შესაცნობი ინსტრუქციების რაოდენობაც.

აქ არ შევეუდგებით ინსტრუქციების რაოდენობის განსაზღვრის წესებისა და ხერხების განხილვას. საკმარისია ისიც, რომ ეს სრულიად რეალური ამოცანაა და ამგვარ შესაძლებლობაში ეკვივ არავის შეაქვს.

გაუგებრობის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა კიდევ ერთი გარემოების განმარტება. ნებისმიერი სისტემისათვის შეიძლება მისი ორი სახის მდგომარეობა განვიხილოთ. პირველი მათგანი — მაკრო-მდგომარეობაა, რაშიაც აისახება სისტემის რაობა, მისი ფუნქცია, დანიშნულება და სხვა. მეორე კი — მიკრო-მდგომარეობაა, რაც გულისხმობს მისი შემადგენელი კომპონენტების ურთიერთმიმართებას სივრცესა და დროში. ამასთან, ცხადია, რომ მიკრო-მდგომარეობა ერთგვარად განსაზღვრავს მაკრო-მდგომარეობას და შესაბამეობა მას.

ინფორმაციის თეორიის ერთ-ერთი დებულების თანახმად, რაც უფრო მეტია რაიმე სისტემის მაკრო-მდგომარეობის შესაბამისი ალტერნატიულ მიკრო-მდგომარეობათა რაოდენობა, მით უფრო მცირეა სისტემის ინფორმაციის ოდენობა (მოცულობა) და პირუ-ეუ, რაც უფრო მცირეა სისტემის მაკრო-მდგომარეობის შესაბამისი ალტერნატიული მიკრო-მდგომარეობების რაოდენობა, მით უფრო მეტია სისტემის ინფორმაციის ოდენობა. ამ დებულების დასაბუთება ნახ. 2-ზეა მოცემული.



ნახ. 2. სისტემის კომპონენტების სხვადასხვა ურთიერთმიმართების მაგალი-
თები (განმარტება იხ. ტექსტში).

○ — *a* სახის კომპონენტები; ⊗ | ⊗ — *b* სახის კომპონენტები.

ნახ. 2-ზე მოცემულია სამი სისტემა. პირველი მათგანი (A) მხო-
ლოდ *a* სახის კომპონენტებს შეიცავს. ამასთან, φ_1 ფუნქცია შეს-
რულდება კომპონენტების სისტემაში ნებისმიერ განლაგებისას. ამ
შემთხვევაში, თუ სისტემაში *b* სახის კომპონენტები შევიტანეთ, ეს
A სისტემის ფუნქციაზე გავლენას არ მოახდენს, და მაშასადამე,
არც მის მაკრო-მდგომარეობას შეცვლის. ამგვარად, აქ ინფორმა-
ციის ის მცირე ნაწილი, რომელსაც სისტემაში კომპონენტების
არაერთგვაროვნება შეიტანს, შეიძლება უგულებელყოფილ იქნეს.

ასეთი სისტემაა ნივთების ჩასაწყობი ყუთი. მისთვის, როგორც სისტემისათვის, სულერთია რა ნივთებს ჩავაწყობთ მასში და როგორი იქნება ამ ნივთების მასში განლაგება. ამგვარი სისტემის ინფორმაცია მცირეა. B სისტემაში (იხ. ნახ. 2) ფე ფუნქციას მხოლოდ a კომპონენტების გარკვეული განლაგება შეესაბამება. მათი გადანაცვლება სისტემის მაკრო-მდგომარეობას შეცვლის. B სისტემის ინფორმაცია მეტია, ვიდრე A სისტემისა. თუ C სისტემის ფუნქციონირებისათვის სულერთია, თუ რა სახისა იქნება კომპონენტები (a თუ b), მაშინ კომპონენტების არაერთგვაროვნება მასში ინფორმაციის დიდ რაოდენობას არ შეიტანს. ანალოგიური მდგომარეობაა, მაგალითად, მაყურებელთა დარბაზში, სადაც სკამები აუცილებლად მწყკრივებად უნდა დალაგდეს, მაგრამ არსებითი მნიშვნელობა არა აქვს, თუ რა სახის სკამები იქნება თითოეულ მწყკრივში. მაგრამ თუ a და b კომპონენტები არა მარტო სივრცეში, არამედ ურთიერთის მიმართაც გარკვეული წესით უნდა იყვნენ განლაგებულები (სისტემა C, ნახ. 2), მაშინ სისტემის ინფორმაცია შესამჩნევად გაიზრდება (C სისტემის ინფორმაცია მეტია B სისტემის ინფორმაციაზე).

სრულიად საწინააღმდეგო სურათი იქნება მაშინ, თუ სხვადასხვა სისტემებს აქვთ უნარი შეასრულონ რამდენიმე ფუნქცია, რასაც მოცემული სისტემის მაკრო-მდგომარეობა ითვალისწინებს. ამავე დროს, ამ ფუნქციების ერთდროულად შესრულებას, ალბათ, მეტი ორგანიზაცია, და მაშასადამე, ინფორმაცია დასჭირდება. ფუნქციათა რაოდენობის მომატება სისტემის არა მარტო სირთულეს, არამედ, რაც მთავარია, ორგანიზაციის ხარისხს ზრდის. გარდა ამისა, თუ მოცემული სისტემა დინამიურია, კომპონენტების მოქმედების დროში შეთანხმებასაც დიდძალი ინფორმაცია მოხმარდება (ეს ზემოთაც იყო აღნიშნული). აქედან გამომდინარე, ძნელი არ არის დავრწმუნდეთ, რომ, რაც უფრო მარტივია სისტემის ფუნქცია, მით უფრო მეტი სხვადასხვა სახის კონსტრუქცია (მიკრო-მდგომარეობა) უზრუნველყოფს მას. ხოლო რთული სისტემის ფუნქციონირებას ერთი უნიკალური, ან სხვადასხვა კონსტრუქციების მეტად მცირე რიცხვი უზრუნველყოფს.

ერთგვარი გაუგებრობა შეიძლება გამოიწვიოს ეშბის ე. წ. „ნაირგვარობის“ თეორიამ. პირველი შეხედვით კაცმა შეიძლება

იფიქროს, რომ ეშბი ეწინააღმდეგება ჩემს მიერ ნაირგვარობისა და ინფორმაციის მოცულობას შორის პირდაპირი დამოკიდებულების შესახებ გამოთქმულ დებულებას [69]. ისიც უნდა ითქვას, რომ ეშბის აქ ნახსენები თეორია წინააღმდეგობრივად არის გადმოცემული და უკვე არაერთხელ იქნა გაკრიტიკებული [51]. მაგრამ საქმე მხოლოდ ბუნდოვან გადმოცემაში ან სხვა რაიმე უზუსტობებში როდია. თუ ეშბის განსაზღვრებებს დავეუკირდებით, დავინახავთ, რომ ავტორი მხოლოდ სისტემის მიკრო-მდგომარეობებს, მისი ელემენტების ნაირგვარობას იხილავს. რაც უფრო არაკანონზომიერია სისტემის მიკრო-მდგომარეობები, მძლი კომპონენტების მდებარეობა და სხვა ამგვარი, მით უფრო მეტია სისტემის „ნაირგვარობა“. მაშინ ამგვარი „ნაირგვარობის“ ელემენტებისა და მიკრო-მდგომარეობათა მოწესრიგება მათი (ნაირგვარობის) შეზღუდვით შეიძლება, რაც, თავის მხრივ, ელემენტებს შორის კავშირების დამყარების გზით ხდება. ეს კი სისტემაში ინფორმაციის შეტანის გზით ხდება (ე. წ. სტრუქტურული ინფორმაცია).

ადვილი დასანახია, რომ ეშბის „ნაირგვარობა“ ძალიან წააგავს უწყესრიგობას, არაორგანიზებულობას, ხოლო ნაირგვარობის შეზღუდვა კი, რადგანაც ამგვარი შეზღუდვა კომპონენტებს შორის კავშირების დამყარების შედეგად ხდება, სისტემის მოწესრიგების, მისი ორგანიზაციის ტოლფასია. თუკი ეს ასეა, ამ თეორიის ნაკლოვანებათა გათვალისწინების გარეშე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ეშბის „ნაირგვარობის“ თეორია ინფორმაციის თეორიის ძირითად დებულებებს არ ეწინააღმდეგება და მხოლოდ სტრუქტურული კავშირების ინფორმაციული ბუნების განხილვის ცდაა.

თუმცა ეს გამოკვლევა ინფორმაციის თეორიას არ ეძღვნება და ამდენად, არ განმიზრახავს ინფორმაციის თეორიის საკითხების რამდენადმე ღრმად განსაზღვრა, მაგრამ ზოგიერთ მათგანს მაინც უნდა შევეხო. შემდგომი მსჯელობა გაოცებასა და ჭოქმანს რომ არ იწვევდეს, უპირველეს ყოვლისა, უნდა გავარკვიოთ, შეიძლება თუ არა სისტემაში ცვლილებები მოხდეს მასში მხოლოდ ინფორმაციის შეტანის შედეგად (თუკი სისტემის ორგანიზებულობის მომატებაზეა ლაპარაკი), თუ ყოველგვარი ცვლილებისათვის ინფორმაცია სისტემაში ენერჯიის სახით უნდა იყოს შეტანილი? ამ საკითხს გეოდაკიანის ერთ-ერთი ნაშრომი დაეთმო. ეს ავტორი თვლის, რომ

მსგავსად ჩხვა მოვლენებისა (მექანიკური, ელექტრული, ქიმიური, სითბური პოტენციალი და ენერგია და, მაშასადამე, მუშაობა). შესაძლებელია ორგანიზაციული მუხთის, პოტენციალისა და მუშაობის განხილვა. ინფორმაციული მუშაობა მხოლოდ სისტემის ორგანიზებას ხმარდება. ამის გამო, მას შეიძლება ორგანიზაციის მუშაობა ევწოდოთ [11].

ამგვარი ცნებების შემოღება ადვილი როდია. მათ აღიარების ინფორმაციის მუხთის, პოტენციალისა და მუშაობის გაზომვის ამჟამინდელი შეუძლებლობა კი არ აფერხებს (როგორც ამას გეოდაკიანი ფიქრობს [11]), არამედ ის, რომ ყველა დანარჩენ შემთხვევაში (მექანიკური, სითბური, ელექტრული, ქიმიური) მოვლენებს აშკარა ენერგეტიკული ხასიათი აქვს. ჩვენ კი ინფორმაციის ერთგვარი თავისთავადობა, თუ შეიძლება ასე ითქვას, „ენერგეტიკული ავტონომია“ გვინდა დავამტკიცოთ. გეოდაკიანი თვლის, რომ ინფორმაცია სისტემისათვის საბოლოო ჯამში წარმოადგენს გარკვეულ ცნობათა ნაკადს, რომელიც განსაზღვრავს, თუ როგორ და საიდან უნდა იყოს მიღებული ენერგია სისტემის ამა თუ იმ „მიზნის“ შესასრულებლად.

ასეა თუ ისე, მაგალითების მოყვანა იმის შესახებ, რომ ინფორმაცია სისტემის მდგომარეობას ცვლის თავისთავად, მეტად მცირე ოდენობის ენერგიის დახარჯვით [6], მაინც შეიძლება. ერთ-ერთ ამგვარ მოვლენათაგანს წარმოადგენს დირიჟორისა და ორკესტრის მაგალითი. სრულიად ცხადია, რომ დირიჟორი ორკესტრს არავითარ ენერგიას არ აწვდის (მისი ხელების მოძრაობის ენერგია მთლიანად დისიპაციას განიცდის), ამავე დროს ორკესტრის მოქმედების ორგანიზაციის ხარისხი აშკარად მატულობს. მსგავს ვითარებას მრავალ სხვა სისტემაშიც აქვს ადგილი, სადაც კი მაინსტრუქტირებელი და შემსრულებელი კვანძებია წყვილად შეკავშირებული (მაგალითად, მთავარსარდალი — ჯარი, მწვრთნელი — გუნდი, მასწავლებელი — კლასი და სხვა). დადგენილია, რომ ინფორმაციის გადაცემისათვის 10^{-16} ერგის რიგის ენერგიაა საკმარისი, რაც გადაცემული ინფორმაციის თანაზომადი აშკარად არ არის [6].

ამგვარად, არის საფუძველი ვიფიქროთ, რომ ინფორმაციას, ენერგიის მეტად მცირე ხარჯის გაღებით და ენერგეტიკული ხელ-

საყრდობისაგან დამოუკიდებლად, შეუძლია შეცვალოს სისტემის მდგომარეობა, მოქმედებს რა უშუალოდ მისი ორგანიზაციის ხარისხზე.

უნდა აღინიშნოს ინფორმაციასთან დაკავშირებული კიდევ ორი თვისება. ეს თვისებები პარადოქსული ხასიათისაა და ჯერჯერობით დამაკმაყოფილებელი ახსნა არც აქვს. პირველს თავის დროზე მეხსიერების ბლოკის პარადოქსი დაერქვა [60]. ეს მოვლენა შემდეგში მდგომარეობს: თუ რაიმე მეხსიერების ბლოკში (მაგნიტოფონის ფირი, ჩვეულებრივი წიგნი, ქაღალდზე დასახული გეგმარი) რაიმე სისტემის ან მიზანდასახული მოქმედების პროგრამაა მოცემული, რეალიზაციის შემთხვევაში განხორციელებული სისტემის ან მოქმედების (ფუნქციის) ინფორმაცია შეიძლება ბევრად აღემატებოდეს თვით ბლოკის ინფორმაციას. უცნაურია, მაგრამ ფაქტია, რომ მაგნიტოფონის ფირი, რომელზედაც ჩაწერილია თანამედროვე რეაქტიული თვითმფრინავის აგების პროგრამა, თავისთავად, როგორც სისტემა, დაახლოებით იმდენივე ინფორმაციას შეიცავს, რამდენსაც ფირი, რომელზედაც მდარე ხარისხის ტექსტია აღბეჭდილი. იუმორისტული წიგნის ინფორმაცია ისეთივე ოდენობისაა, როგორც წიგნისა, რომელშიაც პლატონის ან პეგელის თხზულებებია გადმოცემული. ქაღალდის ფურცლის ინფორმაცია ოდნავ თუ იზრდება მის შემდეგ, რაც მასზე რაიმე რთული მანქანის ნაწილები და კვანძები გამოიხაზა*.

ამგვარად, რაგინდ დიდი იყოს მეხსიერების ბლოკში ჩაწერილი ინფორმაცია, ის ძალიან მცირედ მოქმედებს მეხსიერების ბლოკის საკუთარი ინფორმაციის ოდენობაზე. მაშასადამე, ყველა ამგვარ შემთხვევაში ინფორმაციის უშუალო ადიტიურობის წესი გამოყენებული ვერ იქნება. სწორედ ეს თვისება წარმოადგენს მეხსიერების ბლოკის პარადოქსს.

შესაძლებელია რეალიზაციის პროცესში დიდძალი ინფორმა-

* ცხადია, ზოგჯერ მეხსიერების ბლოკის საკუთარი ინფორმაცია მეტად დიდია, აღწერილი შეფარდება მეხსიერების ბლოკის და რეალიზებული ინფორმაციების ოდენობებს შორის სხვა იქნება.

ცია გარემოდან შედიოდეს. აშკარია, მაგალითად, იმ აღმასრულებელი სისტემების ინფორმაცია, რომლებიც პროგრამის რეალიზაციაში მონაწილეობენ.

აშკარად ჩანს, რომ დეკოდირება და პროგრამის რეალიზაცია ერთი და იგივე როდია, ხოლო დეკოდირება რაც მხოლოდ კოდის გაშიფვრისა და კოდირებული ინფორმაციის ნაცნობ ენაზე გამოსახვას ნიშნავს, პროგრამის რეალიზაციის მხოლოდ ერთი, საწყისი, ეტაპია.

ამას ჩვენთვის გარკვეული მნიშვნელობა აქვს. როგორც ჩანს, გენომის დნმ-ს ინფორმაცია, თუმცა მასში ცოცხალი ინდივიდუალური სისტემის აგებულების, ფუნქციონირებისა და განვითარების სრული პროგრამაა ჩაწერილი, თვით ორგანიზმის ინფორმაციაზე მრავალჯერ მცირეა, რადგანაც ორგანიზმი მისი ფუნქციებითა და განვითარების წესით დნმ-ში ჩაწერილი ინფორმაციის რეალიზაციის შედეგია.

რაც შეეხება დეკოდირებას ცოცხალ სისტემებში, მასზე შემდგომში გვექნება საუბარი.

ამასთან დაკავშირებით ურიგო არ იქნებოდა გაგვეხსენებინა ნეიმანის ერთ-ერთი მოსაზრებათაგანი ([37]-ის მიხედვით). ნეიმანი აღნიშნავს, რომ მემკვიდრეობით გადაეცემა არა სტრუქტურა, არამედ სტრუქტურის აღწერა (დნმ-ზე ჩაწერილი პროგრამა — ჩვენი მსჯელობის მიხედვით) და ინსტრუქცია მისი შექმნისათვის (რომელიც ჩვენთან რეალიზაციის ინფორმაციად იწოდება). განვითარება კი (ბიოლოგიური სისტემისა, გ. თ.) ორი ოპერაციისაგან შედგება: პროგრამის (გენოტიპის) დეკოდირების და საკუთრივ ორგანიზმის (ფენოტიპის) აგებისაგან.

მეორე ინფორმაციული პარადოქსი მქლავნდება მაშინ, როდესაც ინფორმაციული არხით შეკავშირებულ სისტემათა წყვილთან გვაქვს საქმე. თუ ამ წყვილში (ნახ. 3) ერთი სისტემა მაინსტრუქტირებელია, ხოლო მეორე კი აღმსრულებელი ან მიმღებია, ინფორმაცია ერთი მიმართულებით, სახელდობრ, მაინსტრუქტირებლიდან შემსრულებელ (მიმღებ) სისტემისაკენ გადადინდება. თუკი დახშული ინფორმაციული წრედებისათვის შემუშავებულ შენონისეულ დებულებას გავითვალისწინებთ, წრედში ინფორმაციის ნებისმიერი განაწილებისას მისი ოდენობა მაინც მუდმივი

უნდა რჩებოდეს. ლოგიკური იქნებოდა იგივე მიგველო ჩვენს მიერ განხილული წყვილისათვის. მაშინ I სისტემიდან R სისტემაში ინფორმაციის გადასვლისას I სისტემა ინფორმაციას თანდათან უნდა კარგავდეს და საბოლოოდ I -ს ინფორმაცია ნულს უნდა გაუტოლდეს. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ I სისტემა შემადგენელ ნაწილებად დაიშლება.



ნახ. 3. საინფორმაციო არხით შეკავშირებულ სისტემათა წყვილი. ინფორმაცია მაინსტრუქტირებელი კვანძიდან (I) შემსრულებელი ან მოქმედი კვანძისაკენ R მოედინება.

შესაძლოა საქმე ამგვარ უკიდურესობამდე არც მივიდეს, მაგრამ ყოველ შემთხვევაში გადაწყვეტი სისტემის [10] ინფორმაცია ძალზე მოიკლებს.

მაგრამ მრავალ ჩვენთვის ცნობილ წყვილებში (მასწავლებელი — მოსწავლეები, დირიჟორი — ორკესტრი, მთავარსარდალი — ჯარი და ა. შ.) ამგვარ მოვლენას ადგილი არა აქვს. მართლაც, მასწავლებელს გაკვეთილის გადაცემის შედეგად ცოდნა არ აკლდება. ინფორმაციის დანაკლისი არც დირიჟორს ეტყობა და არც მთავარსარდალს. ეს იმას ნიშნავს, რომ ინფორმაციას და მის გადაცემას რთული ბუნება აქვს და, როგორც ჩანს, ის მთლიანად ვერ დაიყვანება პოტენციალისა და მუხთის ურთიერთობაზე, როგორც ამას გეოდაკიანი გვთავაზობს. ასევე, ალბათ, საორგანიზაციო მუშაობა ერთგვარად სხვა თვისებებს ამჟღავნებს, ვიდრე სხვა სახის მუშაობა [10].

ისევე, როგორც ინფორმაციის თეორიის სხვა ზოგიერთი საკითხი, ეს მოვლენაც უფრო კომპეტენტურ კვლევას მოითხოვს. ჩვენ კი იგი ცნობად უნდა მივიღოთ.

როგორც ინფორმაციის ამა თუ იმ არხში, ისე სისტემის ინფორმაციის რაოდენობის განხილვისას, უნდა გავარჩიოთ ორგანიზაციის ინფორმაცია. ინფორმაციის პირველი სახე იმ ინსტრუქციებით

გამოისახება, რომლებიც შეადგენენ გადმოცემული ცნობის შინა-
არსს, ან სრულად ამოწურავენ მოცემული სისტემის ყველა თვისე-
ბას. ამგვარ ინფორმაციას სპეციფიკურ ინფორმაციას უწოდებენ
თავის დროზე ჩემსა და სალამატინას [55] მიერ ამ ცნების გამოსა-
ხატავად შემოთავაზებულ იქნა ტერმინი ეფექტური ინფორმაცია
მაგრამ რათა არ აფხვეთ ტერმინოლოგიურ დავას, ამ გადმოცემაში
მეც საყოველთაოდ გავრცელებულ სიტყვას გამოვიყენებ.

მეორე სახის ინფორმაცია ცნობის გადაცემის უზრუნველყო-
ფას ან სისტემის სტრუქტურულ მთლიანობას და მის მიერ მის
სპეციფიკური ფუნქციის შეუფერხებელ შესრულებას ემსახურე-
ბა. მართლაც, ცნობის გადაცემისას ზოგმა სიგნალმა შეიძლება მიმ-
ლებამდე არ მიაღწიოს და ცნობა დამახინჯებული სახით მიიღება
ამის თავიდან ასაცილებლად ცნობა ან რამდენიმეჯერ უნდა გავი-
მეოროთ, ან მიმლებს ერთდროულად რამდენიმე გადამცემიდან
უნდა გადავწოდოთ. შესაძლებელია შესაბამისი სიგნალების სიძ-
ლიერე აუცილებელს შესამჩნევად სკარბობდეს. ასე თუ ისე, ყვე-
ლა ამ შემთხვევაში ცნობას დამატებითი — ჰარბი — ინფორმაცი-
უნდა შევძინოთ. ამგვარ ინფორმაციას სწორედ ჰარბ ინფორმა-
ციას უწოდებენ.

სისტემაში ინფორმაციის დაკარგვა შეიძლება მოხდეს სისტე-
მის კომპონენტების ფუნქციონირების შედეგად გაცვეთის ან სპე-
ციფიკურ-ფუნქციონალური დატვირთვების გამო კომპონენტების
ურთიერთშეთანხმების მოშლით. სისტემაში ჰარბი ინფორმაცი-
შეიძლება შევიტანოთ ერთი და იმავე ფუნქციის შემსრულებელ
რამდენიმე კომპონენტის დაყენებით, სისტემის დროდადრო მოგ-
ვარებით და ა. შ.

ამგვარად, ჰარბი ინფორმაცია ცნობის ძირითად შინაარსსა და
სისტემის სტრუქტურულ და ფუნქციურ სპეციფიკურ თავისებურე-
ბებს კი არ განსაზღვრავს, არამედ ცნობის გადაცემის და სისტემის
მთლიანობის შენარჩუნებასა და ადეკვატური ფუნქციონირების უზ-
რუნველყოფას ემსახურება.

ინფორმაციული დანაკარგები საინფორმაციო არხებში შეიძლე-
ბა ორი მიზეზით — გაყონვისა და ხმაურის გამო მოხდეს. ინფორ-
მაციის არხიდან გაყონვა ჩვეულებრივად არხის არასაკმარისი გამ-
ტარებლობის ან მისი დაზიანების გამო ხდება. სისტემიდან ინფორ-

მაკის გაეონვის მაგალითები ზევით უკვე მოვიტანეთ კარბი ინფორმაციის განხილვისას (გაცემა, კომპონენტების მოქმედების შეთანხმების მოშლა).

დანაკარგების მეორე მიზეზი, როგორც ითქვა, ე. წ. ხმაური შეიძლება იყოს. ხმაური თავისთავად ინფორმაციაა, მაგრამ მისი ცნობის გადაცემისას ან სისტემაში შეტანა ინფორმაციის რაოდენობის შემცირებას იწვევს. ამგვარად, ხმაური — უარყოფითი ინფორმაციაა ყოველგვარი სიგნალები, რომლებიც ამა თუ იმ ცნობის ან სისტემის ფუნქციონირების არაადეკვატურია, ამ ცნობისათვის ან ამ სისტემისათვის — ხმაურია, თუმცა სხვა შემთხვევაში იგივე სიგნალები შეიძლება ინფორმაციის ნამატს იწვევდნენ. მაგალითად, თუ ორი მოსაუბრის ლაპარაკში ჩაერია მესამე, რომელიც მათთვის უცნობ ენაზე ლაპარაკობს, პირველი ორის საუბარს ეს მხოლოდ შეაფერხებს, რაგინდ აზრიანი იყოს მესამე პირის განცხადებები.

1.5. მართვა და რეგულაცია

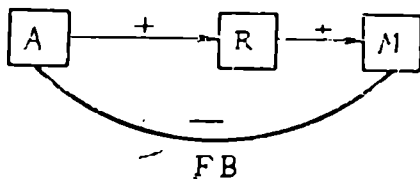
რაიმე დინამიკური სისტემის ცოტად თუ ბევრად ხეირიანი ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია მას ჰქონდეს უნარი მისთვის დამახასიათებელი ფუნქციის გარემოს ცვალებად პირობებში შესრულებისა. ამასთან, გარემოს პირობებსა და ფუნქციონირებას შორის ოპტიმალური მიმართება უნდა იყოს შენარჩუნებული. ეს ცვალებად პირობებში მას დიდ მოქნილობას მიანიჭებს. გარდა ამისა, სისტემის ძირითადი პარამეტრები ოპტიმალურად უნდა შეუთანაღდეს ერთმანეთს. პარამეტრების ამგვარი ურთიერთშეწყობა მართვის საშუალებითა და შედეგად ხორციელდება.

მართვის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს რეგულაცია. რეგულაცია უზრუნველყოფს რაიმე ძირითადი პარამეტრის ან პარამეტრთა ჯგუფის რაოდენობრივ მუდმივობას. თუ რეგულაციას ყველა ძირითადი პარამეტრი ექვემდებარება, მთლიანად სისტემის მდგომარეობაც მდგრადია, სტაციონარული, გარეშე პირობების ცვალებადობის მიუხედავად. ამგვარ ვითარებას, როგორც ცნობილია, ჰომეოსტაზი ეწოდება.

რეგულაციის პროცესს ძალიან დიდი გავრცელება აქვს ბიოლოგიურ სისტემებში, ამიტომაც მასზე მოკლედ შევჩერდებით, შემდ-

გომში აღრევას რომ არ ჰქონდეს ადგილი. რეგულაციის ყველაზე ცნობილი სახე ე. წ. უარყოფითი უკუკავშირის საშუალებით ხორციელდება (ნახ. 4).

მოცემულ სქემაზე A აღმასრულებელი ბლოკია, რომელიც რაიმე მოქმედებას ასრულებს, რაც R პარამეტრზე მოქმედებს. ის მიმართულება, რომელიც A -ს R -ზე საწყის ქმედებას ახასიათებს, პირობით დადებითად ჩავთვალოთ. R პარამეტრის მდგომარეობა აისახება M გადმომწოდებლის მოქმედებაში, რომელიც თავის მხრივ „აუწყებს“ A ბლოკს FB უკუკავშირის საშუალებით R პარამეტრის მდგომარეობას. FB უკუკავშირის იმგვარი ბუნება აქვს, რომ მისი მოქმედების გამო A ბლოკის ქმედების მიმართულება საწინა-



ნახ. 4. რეგულაციის ელემენტარული სქემა, თუკი ის უარყოფითი უკუკავშირის საშუალებებით ხორციელდება.

A — აღმასრულებელი ბლოკი; R — სარეგულაციო პარამეტრი; M — გადმომწოდებელი. „მინუს“ ნიშნის იხარის — უარყოფითი უკუკავშირია.

აღმდგომ ნიშანს იძენს და R პარამეტრის სიდიდეც თანდათან საწყისს (ნომინალურს) უბრუნდება. ამგვარი რეგულაციის უმარტივეს მაგალითს ჩვეულებრივი თერმოსტატი წარმოადგენს. ამ შემთხვევაში A გამახურებელს აღნიშნავს, R — ტემპერატურას, ხოლო M — თერმომეტრს, რომელიც A -ში შემავალ თერმომარეგულირებელი მოწყობილობის საშუალებით ან ჩართავს გამახურებელს, ან გამორთავს მას.

არსებობს რეგულაციის მეორე სახეც. მას შეიძლება „სარეგულაციო ტიპის“ რეგულაცია ვუწოდოთ, რადგანაც კოსას [26] ეს მა-

გალითი საუკეთესოდ მიაჩნია*. სარეკელას საშუალებით ხორბლის დოლაბებზე მიწოდების სიჩქარე ზუსტად შეესაბამება წყლის ნაკადის სიჩქარეს და სიძლიერეს — და მაშასადამე, დოლაბის ბრუნვას. სარეკელა დოლაბის ღერძზე დამაგრებული ფირფიტაა, რომელიც დოლაბის ბრუნვისას ღარს ხვდება და დარტყმათა სიხშირე კი განაპირობებს ღარით ხორბლის ჩამობნევის სიჩქარეს (ნახ. 5).

ამგვარი მოწყობილობა ჩამობნეული ხორბლის რაოდენობის და დოლაბის ბრუნვათა რიცხვის შეფარდების მუდმივობის შენარჩუნებას ემსახურება.

ადვილი შესამჩნევია, რომ განსაკუთრებით უარყოფითი უკუკავშირის შემცველ რეგულაციებში, სარეგულაციო პარამეტრი (R) მკაცრად მუდმივი როდია. ეს ვითარება შეიძლება თვალსაჩინოებისათვის შემდეგნაირად გამოისახოს:

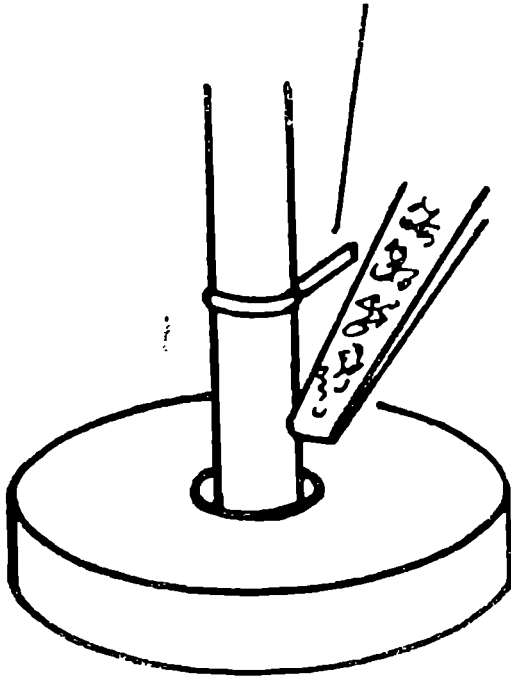
$$\text{const} - \rho \leq I' \leq \text{const} + \rho \quad (1)$$

R — მნიშვნელობას შეიძლება პარამეტრის ნომინალური სიდიდე ვუწოდოთ, ხოლო ρ სიდიდე კი რეგულაციის სიზუსტეს განსაზღვრავს.

აქ გადმოცემული წანამძღვრები საფუძვლად დაედება შემდგომ მსჯელობას, რის გამოც, ბუნებრივია, მათი დროდადრო გახსენება მოგვიხდება.

* იქნებ თანამედროვე პირობებში სხვა მაგალითის მოტანა აჯობებდა. აქლა ცოტამ თუ იცის სარეკელა რა არის — წყლის წისქვილეში ძალზე იშვიათობა გახდა.

სარეკელა



ნახ. 5. წელის წისქვილის სქემა: დოლაბის ტრიალრისას მის ღერძზე დამაგრებული სარეკელა ურტყამს ღარს, რაც ღარში მარცვლის მოძრაობის სიჩქარეს განაპირობებს, ხოლო სარეკელას ღარზე დარტყმათა სიჩქარე დოლაბის ღერძის ბრუნვათა სიჩქარეზეა დამოკიდებული.

2. ცოცხალი სისტემის ძირითადი თვისებები. აქსიომატი

სადავო არ იქნება, თუ ცოცხალი სისტემის ძირითადი თვისებების დახასიათებას დაეწეობთ ცოცხალი სისტემების არაცოცხალისაგან ძირითადი განსხვავების დადგენით. ექვს არ იწვევს ისიც, რომ მხედველობაში უნდა მივიღოთ მხოლოდ იმგვარი განსხვავებები, რომლებიც რეალურად, პერსპექტივაში მაინც, აღირიცხება და, თუ შეიძლება ასე ითქვას, რომელთა ვიზუალიზაციაც შესაძლებელი იქნება. უსაფუძვლო როდია აზრი, რომ ამგვარი ძირითადი განსხვავების ძიებისას საქმე ერთი ნიშნით ვერ ამოიწურება და უნდა მივმართოთ შესაბამის ნიშანთა ჯგუფის დადგენას. ამავე დროს, მიზანშეწონილი იქნებოდა, ყველა ეს ნიშანი რაიმე ზოგად მახასიათებლამდე დაგვეყვანა. იქნებ ისეც მოხდეს, რომ უფრო აშკარა შედეგს ჩვენმა მსჯელობამ რაიმე რაოდენობრივი კრიტერიუმის გამოყენებისას მიაღწიოს, რამეთუ რაოდენობრივი კრიტერიუმები უმრავლესად უფრო ზუსტია და მათემატიკური აპარატის ჩარევის საშუალებას იძლევა. აქვე უნდა დავძინო, რომ შემდგომ მოცემული დებულებები არ იქნება სიცოცხლის განსაზღვრება ან სიცოცხლის ძირითადი ნიშნების დადგენა, არამედ ცოცხლის და, მაშასადამე, გარკვეული სისტემის დახასიათების ცდა. მართლაც, სიცოცხლე მოვლენაა და როგორც სისტემა ვერ განიხილება.

1. ინფორმაციის რაოდენობა ცოცხალ სისტემაში (აქსიომა 1)

ცოცხალი და არაცოცხალი სისტემების განმასხვავებელ ნიშნებად ჩვეულებრივად ბევრ რამეს ასახელებენ. როგორც უკვე ითქვა, შესაძლებელია დავსახოთ ცოცხალი სისტემისათვის დამახასიათებელი ნიშნები.

თებელი აუცილებელი ნიშნების ჯგუფი. მაშინ შევძლებთ იმის თქმას, რომ თუკი რომელიმე ამ ნიშანთაგანი სისტემაში ვერ აღმოვაჩინეთ, ეს სისტემა ცოცხალი არ არის. მაგრამ როგორც კი ამგვარ ნიშან-თვისებათა შერჩევას შევუდგებით, გარდაუვალად ირკვევა, რომ რთული და საკმაოდ უიმედო საქმისათვის მოგვიკიდია ხელი. ისეთი ნიშან-თვისებაც კი, როგორცაა ნივთიერებათა ცვლა, ბოლოს და ბოლოს მხოლოდ გარკვეული ქიმიური რეაქციების ჩაქვია და თვისებრივ დონეზე ცოცხალის არაცოცხალისაგან განმასხვავებელ ნიშნად არ გამოდგება.

გავრცელებულია სისტემის დახასიათება მისი შემადგენელი ნივთიერებების აღრიცხვის გზით. მაგრამ თუ დედა მიწის პირობებში ნამდვილად სწორია, რომ ცოცხალი სისტემა უსათუოდ უნდა შეიცავდეს ცილებსა და ნუკლეინის მჟავებს (რატომ არა ლიპიდებს, პოლისაქარიდებს და მრავალ სხვას?). ნამდვილად მცდარი იქნებოდა მტკიცება, თითქოს ყოველა ცილებისა და დნმ-ს შემცველი სისტემა ცოცხალია. ესეც რომ არ იქნას, თეორიულად დასაშვებია სამყაროს რომელიმე უბანში ცოცხალი სისტემის სხვა პოლიმერების (არა ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების და შ.) საფუძველზე აგება.

ამ საკითხის გულდასმით განხილვისას ირკვევა ცოცხალის იდენტიფიცირების სრული ინტუიციურობა: როგორც ჩანს, ცოცხალსა და არაცოცხალს ადამიანი უკვე ქვის ხანიდან (ან კიდევ უფრო ადრეც) არჩევდა, თუმცა საგანგებო კრიტერიუმები ამისათვის არ ჰქონია. კიდევ უფრო საოცარია ის, რომ ცოცხალი სისტემის სხვა სისტემებისაგან გამორჩევა დღესაც საკმაოდ ინტუიციურია.

ცოცხალისა და არაცოცხალის გარჩევის პრობლემას ერთ დროს ფიზიკოსებიც იხილავდნენ [40]. გამოაშკარავდა მეტად დიდი სიძნელეები, რომლებიც ამ პრობლემების მეცნიერულად გადაწყვეტას აფერხებს. პრობლემა ჩვეულებრივად დაჰყავთ ორ დაშვებაზე: 1. ცოცხალი და არაცოცხალი მატერია ექვემდებარება ფიზიკის ერთსა და იმავე კანონებს; 2. ცოცხალი მატერია არაცოცხალისაგან განსხვავდება ევოლუციის უნართან ბუნებრივი გადაჩევის საფუძველზე. ამგვარი დაშვებებისადაც კი არაცოცხალსა და ცოცხალს შორის განსხვავების საკითხი მაინც გაურკვეველი

ჩვენა. ამას უნდა დაემატოს ისიც, რომ ზოგიერთი მეცნიერი უარყოფს ცოცხალი და არაცოცხალი მატერიის ერთი და იმავე ფიზიკური კანონებით აღწერის შესაძლებლობას [40]; [79]. გარდა ამისა, როგორც ქვემოთაც ვნახავთ, ცოცხალი სისტემის თვისებების ფიზიკის ზოგად კანონებზე დაყვანას მხოლოდ იმ ტრივიალურ დასკვნამდე მივყავართ, რომ ფიზიკის კანონები ცოცხალი სისტემის განხილვისასაც ძალაშია. პატი ასკვნის, რომ სასიცოცხლო პროცესების ფიზიკის კანონების საფუძველზე ახსნა მეტად ძნელია, ხოლო ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის განსხვავებას საფუძვლად უდევს „რიცხოვრები საიმედოება მოლეკულური კოდებისა, რომლებსაც შეუძლიათ ქვანტურ-მექანიკური აღწერის შინაარსის დაკავშირება მის კლასიკურ ფენოტიპურ გამოხატუვასთან“ (36). არა მგონია, რომ ეს დებულება ადვილი გასაგები იყოს, მაგრამ ცხადია, რომ ავტორს აშკარად ქვანტური ფიზიკის იმედი აქვს, თუმცა პრობლემის გადაწყვეტის კონკრეტული გზები მის მიერ მოწოდებული არ არის.

თავის დროზე მეტად საინტერესო მოსაზრება გამოთქვა შრედინგერმა. მან ყურადღება მიაქცია ცოცხალ და არაცოცხალ სისტემებში მოწესრიგებულობის ტიპებს შორის განსხვავებას [67]. ამ დებულებამ მრავალი მეცნიერი აღაფრთოვანა და იგი ბევრ ახალ მოსაზრებასაც დაედო საფუძვლად. მიუხედავად ამისა, ის მაინც საბოლოოდ დაუმუშავებელი დარჩა.

იქნებ აჯობოს, თვისებრივ ნიშნებს მოვეშვათ და რაოდენობრივ მახასიათებლებს მივმართოთ. ამგვარი ცდა უკვე იყო გაკეთებული. მეცნიერთა მთელმა რიგმა ცოცხალი სისტემის აღწერისათვის მიმართა თერმოდინამიკის ცნებებს [16—19, 43]. მუშაობა ამ მიმართულებით ახლაც მიმდინარეობს [იხ. 19]. სამწუხაროდ, ამგვარი მიდგომა მეტისმეტად ზოგად დასკვნებს გვაძლევს. ხშირად ეს დასკვნები ტრივიალურია. ხშირად მკვლევართა ძალ-ღონე იმის დასასაბუთებლად იხარჯება, რომ ცოცხალი სისტემის არსებობა თერმოდინამიკის ზოგად კანონებს არ ეწინააღმდეგება და ენერგეტიკული თვალსაზრისით გამართლებულია [17], [18].

ცოცხალი სისტემის თერმოდინამიკური განხილვა გაკრიტიკებულია ბლუმენფელდის [5] მიერაც. რაკი თერმოდინამიკური ცნებები ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური თვისებების გამოხატვისა-

თვის გადაქარბებით ზოგადი აღმოჩნდა, მათზე აღარ შევიჩერდები და შევეუდგები იმ დებულების დასაბუთებას, რომელიც ჩვენი პირველი აქსიომატ იქნება.

პირველ აქსიომას საფუძვლად ედება ცოცხალი სისტემის ყველაზე თვალსაჩინო თვისება, რაც არავისათვის საექვეო არ არის. ალბათ არავინ გაიოცებს, თუკი გაიგებს, რომ ცოცხალი სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი მეტად მაღალია. ადამიანს დასაბამიდანვე აკვირვებდა ცოცხალი სისტემების სირთულე და სრულყოფილება. მეცნიერებაში ამა თუ იმ ასპექტში არაერთხელ მოიხსენიება ცოცხალი სისტემის სირთულე და მოწესრიგებულობა. სწორედ უკანასკნელმა თვისებამ მისცა საბაზი სცენტ-ძიორძის ემტიციებიანა „ბიოლოგია უალბათობის მეცნიერება არისო“ [49]. თუ „წანამძღვრებში“ შემოტანილი ტერმინოლოგიური კორექტივები“ გავითვალისწინეთ (იხ. 1.4), ადვილად შევთანხმდებით, რომ ცოცხალი სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი მეტად მაღალია. თუკი ეს ასეა, არ იქნება უსაფუძვლო, ვიფიქროთ, რომ ყოველი ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობა (მოცულობა) ყოველი არაცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობას (მოცულობას) აღემატება (აქსიომა 1).

აქსიომად ეს დებულება არავის ჩამოუყალიბებია, მაგრამ ის საკმაოდ მოხდენილად გამოითქვა თავის დროზე. კასტლერის [23] აზრით ბაქტერიასა და ადამიანს შორის მანძილი გაცილებით მოკლეა, ვიდრე რთულ თანამედროვე გამომთვლელ მანქანასა და ბაქტერიას შორისო. თუ ადამიანმა ოდესმე შეძლო რაიმე სისტემის აგება, რომლის ინფორმაციის ოდენობა ცოცხალი სისტემის ტოლი იქნება, ის ხელოვნურ ცოცხალ ორგანიზმს შექმნის. პირველი აქსიომა შეიძლება სულ მარტივად გამოისახოს:

$$H_{v,t} \geq H_m \quad (2)$$

სადაც $H_{v,t}$ ნებისმიერი ცოცხალი სისტემის ინფორმაციაა, ხოლო H_m —ნებისმიერი არაცოცხალი სისტემისა.

ამგვარად, ცოცხალი სისტემა ყოველთვის უფრო რთული, უფრო მოწესრიგებული, უფრო ორგანიზებული და, მაშასადამე, უფრო კანონზომიერია (არაშემთხვევითია), ვიდრე არაცოცხალი სისტემა.

პირველი აქსიომიდან გამომდინარეობს საგულისხმო შედეგი. საქმე ისაა, რომ სისტემა არ შეიძლება მეტად თუ ნაკლებად ცოცხალი იყოს. ის ან ცოცხალია ან არაცოცხალი. როგორც ჩანს, აქ გარკვეული „სულ ან არაფრის“ კანონი მოქმედებს. მაშასადამე, უნდა არსებობდეს ინფორმაციის გარკვეული კრიტიკული ოდენობა, რომელიც შეესაბამება ცოცხალ სისტემას და თუ სისტემას ინფორმაციის ეს ან მასზე მეტი ოდენობა ახასიათებს, ის ცოცხალ სისტემად უნდა იქნეს მიჩნეული. ცხადია, ინფორმაციის კრიტიკული ოდენობა ორგანიზაციის კრიტიკულ ხარისხს უნდა შეესაბამებოდეს. ამგვარად —

$$H_{crit}(min) > H_m \quad (3)$$

სადაც $H_{crit}(min) = H_{cr}$ და ტოლია ინფორმაციის იმ კრიტიკული, მინიმალური ოდენობისა, რომელიც ჯერ კიდევ ცოცხალ სისტემას შეესაბამება. ინფორმაციის ნებისმიერი სიდიდე, რომელიც H_{cr} -ზე მცირეა, იმის მაჩვენებელი იქნება, რომ არაცოცხალ სისტემასთან გვაქვს საქმე. ამგვარად, ცოცხალი — სისტემური ორგანიზაციის გარკვეული საფეხურია და არაცოცხალისაგან მხოლოდ ინფორმაციის ოდენობით განსხვავდება.

ჩემს მიერ პირველ ნომრად წოდებულ აქსიომას კიდევ ერთი საყურადღებო შედეგი მოსდევს. წარმოვიდგინოთ, რომ ცოცხალი სისტემა მისი აღმოცენებისთანავე, სრულიად უცვლელ გარემოში არსებობს. დაეუშვათ, აგრეთვე, რომ სისტემა არ განიცდის არც ენერჯისა და არც პლასტიკური მასალების დეფიციტს. ამგვარ სისტემას გარემო პირობებისადმი შეგუება აღარ დასჭირდებოდა. მაშინ, ალბათ, ცოცხალი სისტემის არსებობისათვის საკმარისი იქნებოდა მასში მხოლოდ ძირითადი სასიცოცხლო პროცესები მიმდინარეობდეს, რომლებიც შეიძლება ორ ძირითად ნაწილზე დაიყვანოთ. ესენი თვითრეპროდუქცია და ნივთიერებათა ცვლაა. ამ ძირითად სასიცოცხლო პროცესებს ფუნქციათა განსაზღვრული რიცხვი, ორგანიზაციის ხარისხი და, მაშასადამე, ინფორმაციის გარკვეული ოდენობაც უნდა შეესაბამებოდეს. დავარქვათ ძირითად სასიცოცხლო პროცესებს მინიმალური სასიცოცხლო პროცესი,

ხოლო მის შესაბამის ინფორმაციას — მინიმალური სასიცოცხლო ინფორმაცია (H_c). მაშინ

$$H_v = H_{vit}(min) = H_{cr} \quad (4)$$

ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ H_v და H_{cr} მხოლოდ რიცხობრივად არიან ტოლი, ხოლო აზრით კი არსებითად განსხვავდებიან, მაშინ როდესაც $H_{vit}(min) \equiv H_{cr}$, H_m წარმოადგენს ინფორმაციის იმ მოცულობას, რომელიც სისტემას ექნებოდა, მას გარემოსადმი შეგუების საშუალებები რომ არ გააჩნდეს ანუ $H_{vit} - H_{ad}$, სადაც H_{ad} ადაპტაციურ საშუალებათა ინფორმაციაა.

თუ მოცემულ გამოსახულებას სწორად მივიჩნევთ, ადვილად მივალთ დასკვნამდე, რომ ყველა ცოცხალი სისტემის მინიმალური ინფორმაცია, რომელიც საკმარისია სისტემის „ცოცხლობის“ (იმიტათვის, რომ ესა თუ ის სისტემა ცოცხალი იყოს) უზრუნველსაყოფად, ყველა სისტემისათვის მიახლოებით ტოლია. თუ მინიმალური ინფორმაციის ამ მცირე განსხვავებებს (თუკი ისინი მართლაც არსებობს) უგულებელვყოფთ, შეიძლება დავასკვნათ, რომ

$$H_{v1} \approx H_{v2} \approx H_{v3} \approx \dots \approx H_{cn} \quad (5)$$

ეს გამოსახულება გულისხმობს, რომ სისტემისათვის არა აქვს მნიშვნელობა რა საშუალებებით ხორციელდება სასიცოცხლო ფუნქციების ნაკრები. მისთვის გადამწყვეტია, რომ ეს აუცილებელი ფუნქციები რამენაირად განხორციელებულ იქნეს.

ცხადია, საკითხის ამგვარი დაყენება ინფორმაციის ოდენობის გაზომვის წესის შემოღებასაც მოითხოვს. ეს მარტივი საკითხი როდია. ელემენტარული „აგურების“ შერჩევა მეტად ძნელი ხდება. ძნელდება მოლექულურ და ატომურ დონეზე სისტემის მრავალგვარობის შეფასებაც. დანკოფმა და კასტლერმა [77] სცადეს ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის განსაზღვრა. მათი ანგარიშით ცოცხალი სისტემა მხოლოდ 500 ტიპის მოლექულას შეიცავს. ამგვარი მსჯელობა აშკარად გაუგებარია, რადგან მართო ათასამდე ფერმენტია ცნობილი. ამას უნდა დავამატოთ ცილების კონფორმაციული სახესხვაობანი, რომელთაც ძალიან ხშირად სრულიად სხვადასხვა ფუნქციური მნიშვნელობა აქვთ. ამასთან, დნმ-სა და რნმ-ს სხვა-

დასხვა ნუკლეოტიდურ მიმდევრობათა მქონე მოლეკულები ერთ-ნაირად არ შეიძლება ჩავთვალოთ.

დანკოფისა და კასტლერის მსჯელობაში ყველაზე დიდი ხარვეზი დროით ურთიერთშეთანხმებათა (დროითი ორგანიზაციის) უგულებელყოფაა. პროცესებისა და მოვლენების დროში შეთანხმებას განსაკუთრებით დიდი ინფორმაციული წვლილი შეაქვს სისტემის საერთო ინფორმაციაში. დროითი ორგანიზაციის მნიშვნელობაზე თავის დროზე გუდვინი [12] მიუთითებდა*.

როგორც ზემოთ აღვნიშნე, ჩემი მხრიდან დიდი კადნიერება იქნებოდა ინფორმაციის გაზომვის მეთოდი შემომტევაზებინა. მე მხოლოდ მოსაზრების გამოთქმა მსურს, რომელსაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა მკითხველისათვის არ უნდა ჰქონდეს. ვფიქრობ, ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობის გაზომვის უფრო რეალური გზა მისი ალგორითმის ანალიზი ან, უფრო მარტივად, სისტემის რაობის ამომწურავი ეფექტური კითხვების რიცხვის დადგენაა. უფრო სასურველია, ეფექტური კითხვები ორმაგ ალტერნატივას ითვალისწინებდეს, რათა ინფორმაციის ოდენობა ბიტებში (ბაიტებში) გამოისახოს.

თავისთავად ცხადია, რომ ეფექტური კითხვების სრული რიცხვის დადგენა ალბათ დიდხანს ვერ მოხერხდება, მაგრამ ამ გზით იქნებ Hcr სიდიდის განსაზღვრა მოხერხდეს. გამოკვლევათა თანამედროვე ეტაპზე კი საკმარისი იქნება პირველი აქსიომის შემოწმება, რაც რეალურ ამოცანად მესახება.

სოსხალი სისტემის ინფორმაციის ცვლილებაში განვითარების პროცესში (აქსიომა 2)

ყველასათვის კარგად არის ცნობილი, რომ ონტოგენეზი (ინდივიდუური განვითარება) ცოცხალი სისტემის მდგომარეობის ცვლილებათა ჯაქვს წარმოადგენს. ამ ცვლილებების საფეხურების (ეტაპების) თანმიმდევრობა ცოტად თუ ბევრად მკაცრადაა განსაზღვრული, ხოლო თვით ცვლილებების რიგის გავლის პროცესი კი შეუქცევადია. ცოცხალი სისტემისათვის დამახასიათებელ ამ პრო-

* დანკოფისა და კასტლერის კრიტიკა აბტერსაც აქვს მოცემული [1].

ცეს განვითარებას უწოდებენ. თვით განვითარებაზე კიდევ გვექ-
ნება საუბარი, აქ კი ისაა დასადგენი, თუ რა წესით იცვლება ინ-
ფორმაციის ოდენობა სისტემაში განვითარების პროცესში.

შეუიარაღებელი თვალითაც ჩანს, რომ ცოცხალი სისტემის
განვითარება, და, მაშასადამე, ონტოგენეზის დიდი ნაწილი, მის-
გართულებას გულისხმობს. ეს განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მრავალ-
უჯრედოვანი ორგანიზმებისათვის. თითქოსდა საექვო არაფერია:
ცოცხალი სისტემის ინფორმაცია, ონტოგენეზის გარკვეულ მონა-
კვეთზე მიიწი, უნდა იზრდებოდეს. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ინ-
ფორმაციის დიდი რაოდენობა სისტემაში უნდა შედიოდეს გარე-
მოდან.

ამგვარი შეხედულება ეპიგენეზის თეორიის თავისებური ვარი-
ანტია. მართლაც, ის გულისხმობს, რომ ცოცხალი სისტემის ორგანი-
ზაციის დონე თანდათან მალდება, ხოლო თვით ორგანიზაციის
სიმაღლე მასში პრეფორმირებული არ არის და მთლიანად გარე-
მოდან შემოსული ინსტრუქციებით და სიგნალებით არის განპი-
რობებული. მაგრამ რადგანაც ორგანიზაციის ხარისხი და, მაშასა-
დამე, თვით სისტემის რაობაცა და გვარობაც, სისტემაში დაბან-
დებული ინფორმაციის რაოდენობაზეა დამოკიდებული, უნდა და-
ვასკვნათ, რომ ცოცხალი სისტემის განვითარების გზა და მისი დე-
ფინიტური სახე განვითარების, ონტოგენეზის ზენიტში ძირითადად
იმაზეა დამოკიდებული, თუ რამდენი ინფორმაცია შევა მასში გა-
რემოდან. მაშინ, თითქოს, ისიც უნდა გვეფიქრა, რომ სისტემის
გენეტიკური პროგრამა მეტად მცირე როლს ასრულებს ცოცხალი
სისტემის ონტოგენეზურ ჩამოყალიბებაში *.

* კარგად არის ცნობილი, რომ ერთ დროს ამგვარ დებულებებს ამკვიდ-
რებდნენ აკად. ტ. ლისენკოს თაოსნობით: ამ მიმდინარეობას „მიჩურნული
ბიოლოგია“ ღაერქვა და თითქოს ი. მიჩურინის მოძღვრებაც კი იყო. ამ „მოძ-
ღვრების“ თანახმად ორგანიზმსა და გარემოს შორის სრული ადაპტიური (შე-
გუებითი) შესაბამისობა არსებობს. როგორც ჩანს, მეცნიერებს ვერ შეეძინათ,
რომ აშინაოდ ისინი უტყობილო სახის ლამარკიზმის დასაბუთებას ცდი-
ლობდნენ. ამ დებულებების უმართებულობა არცთუ ისე აშკარაა, როგორც
წმინდად ფიქრობენ (იხ., მაგალითად, [89]), თუმცა მათი გამზიარებელი საბო-
ლო ჯამში თითქმის არავინ იყო. ის კი უნდა ითქვას, რომ საბჭოთა მეცნიე-
რება „მიჩურინის მოძღვრება“ ძლიერ ჩამოარჩინა.

ამგვარი დასკვნა სინამდვილეს როდი შეესაბამება. მართლაც, ყოველი ცოცხალი სისტემის გარემო ცვალებადია. ძნელად სარწმუნოა, რომ გარემო თვითონ ისე იყოს ორგანიზებული ყოველი მასში მოყოლილი სისტემის მიმართ, რომ მკაცრად პროგრამირებული პროცესი განაპირობოს. პირიქით, თითქმის გადაჭრით შეიძლება ითქვას, რომ გარემოდან ცოცხალ სისტემაში შესულ სიგნალებსა და ინსტრუქციებს შემთხვევითი ხასიათი აქვს. ცნობილია, რომ, როგორც ჩანს, სწორედ ამგვარი შემთხვევითობების თავიდან ასაცილებლად ცოცხალ სისტემებს გამოიმუშავებული აქვთ მოწყობილობები, რომელთა საშუალებით ისინი განვითარების ადრე ეტაპებზე მიიწიან, საკმაოდ სრულად არიან იზოლირებულნი გარემოსაგან. ამგვარი იზოლაცია ძუძუმწოვრებშიც არის დადგენილი [82, 84].

წამოჭრილი წინააღმდეგობის თავიდან აცილება პირველად რავენმა [100] სცადა. მის მიერ წამოყენებული დებულებები თავისებურ პრეფორმიზმს ემყარება. მისი აზრით, გარკვეული ორგანიზაციის ხარისხი იმ თავითვე პრეფორმირებულია ცოცხალ სისტემაში. თუკი ეს ასეა, ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობა (მოცულობა) ონტოგენეზის პროცესში (ყოველ შემთხვევაში, ონტოგენეზის ზენიტამდე) უცვლელი უნდა იყოს.

რავენს კარგად ესმოდა, რომ თუკი ჩვენი უშუალო დაკვირვების შედეგებს გავითვალისწინებთ, ეს მტკიცება საკმაოდ აბსურდულად გამოიყურება. მან ინფორმაციის ის ნაწილი განიხილა, რომელიც, როგორც უკვე ვნახეთ [1,4], სპეციფიკურ ინფორმაციად იწოდება. რავენმა მათემატიკური გამოთვლებით სცადა დაემტკიცებინა მის მიერ წამოყენებული დებულებები. სამწუხაროდ, რავენის მიერ ჩატარებული გამოთვლები მეტად არაზუსტი აღმოჩნდა. უოდინგტონი შენიშნავდა: „რავენის გამოანგარიშებანი ფანტასტიკურად არაზუსტიაო“ [62]. ეს მართლაც ასეა. გარდა ამისა, განვითარების პროცესი რავენმა დეკოდირებად აღიარა. ამაზე აპტერმა [1] დაუყოვნებლივ უპასუხა, რომ დეკოდირების დროს ინფორმაცია უნდა იკარგებოდესო, რასაც ცოცხალი სისტემის განვითარებისათვის ვერ დავუშვებთ. ეს შენიშვნაც სამართლიანად უნდა მივიჩნიოთ. ასევე უსარგებლო აღმოჩნდა შენონისა და უივერის კანონის ცოცხალი

სისტემებისათვის გამოყენება. ეს კანონი დახშული (შეკრული) კონტურებისათვისაა გამოყვანილი და შეკრულ კონტურებში ინფორმაციის რაოდენობის მუდმივობას ამტკიცებს. ცოცხალი სისტემა კი შეკრულ კონტურამდე ძნელად დაიყვანება, თუკი საერთოდ შესაძლებელია ამ ოპერაციის განხორციელება.

უნდა აღინიშნოს, რომ რავენის კრიტიკოსებმა არც რავენის მთავარი მოწინააღმდეგე ელზასერი [79] დაინდეს. ეს უკანასკნელი თავისებურ „ინფორმაციულ ეპიგენეზს“ ქადაგებდა. მძაი აზრით, ცოცხალ სისტემებს საგანგებო „ბიოტური კანონები“ მართავს, რომლებიც არსებითად განსხვავდება ფიზიკური კანონზომიერებებისაგან. როგორც ჩანს, ვერც ელზასერმა იპოვა ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ზრდის ცოტად თუ ბევრად შესაფერისი მექანიზმი. „ბიოტური კანონების“ აღიარება კი ამ წიგნში გადმოცემულ მთელს მცდელობას აზრს დაუკარგავდა და ამიტომ მე მას a priori უარვეყოფ. ამ მხრივ მე ორიგინალური სულაც არ ვარ. შევეცადოთ არ გავიდეთ ჩვენთვის სადღეისოდ ცნობილი კანონზომიერებების ფარგლებს გარეთ.

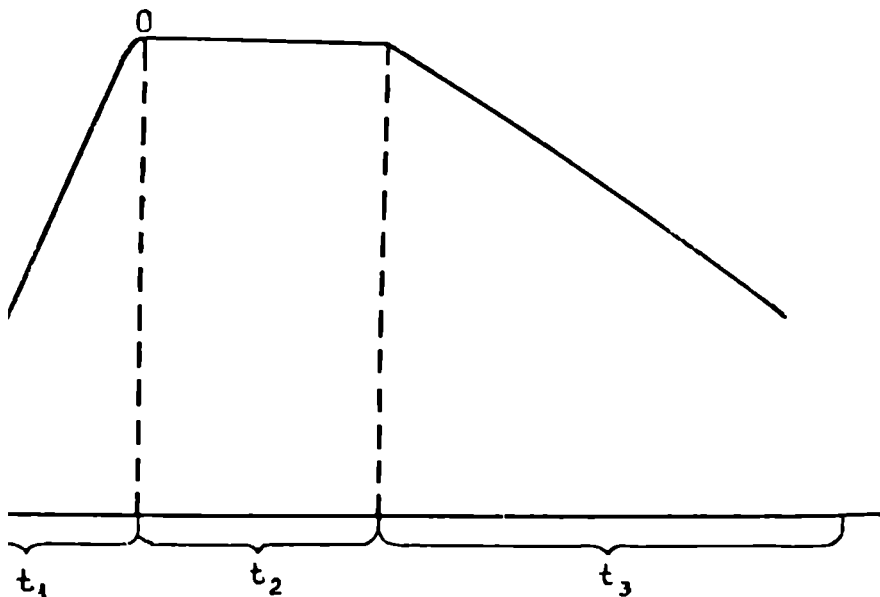
დავუბრუნდეთ „პრეფორმისტულ“ შეხედულებას და შევეცადოთ განვიხილოთ იგი ოდნავ სხვა კუთხით, ვიდრე ეს რავენმა გააკეთა. უპირველეს ყოვლისა, ჩამოვაყალიბოთ ჩვენი დებულება და მას აქსიომის სახე მივცეთ. თუ ყოველივე ზემოთქმულს გავითვალისწინებთ, მეორე აქსიომა შემდეგნაირად ჩამოყალიბდება:

ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაციის ოდენობა (მტკიცეობა) მოცემული ინდივიდუულისათვის (სახეობისათვის) ონტოგენეზის გარკვეულ პერიოდში, კერძოდ, ზენიტამდე და დეფინიტურობის ანუ შეფარდებითობის დროის პერიოდში მუდმივია და მოცემული ინდივიდუულისათვის (სახეობისათვის) დამახასიათებელ სიდიდეს წარმოადგენს.

$$H_s = \text{const} \quad (6)$$

ამ სახით ეს აქსიომა გვამცნობს, რომ ცოცხალი სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი, ყოველ შემთხვევაში, ონტოგენეზის გარკვეულ ეტაპამდე, უცვლელია. ცნებები „ზენიტი“ და „დეფინიტურო-

ბა“ პირობითია და არაზუსტი. მიუხედავად ამისა, სხვა უკეთესი რომ ვერაფერი მოვიგონე, იძულებული გავეხდი ეს ცნებები შემომე-
ლო. საქმე ისაა, რომ უკვე რამდენიმეჯერ ნახსენები ეტაპიდან
ცოცხალი სისტემა ე. წ. უკუგანვითარებას განიცდის. ამ პროცესს



ნახ. 6. ონტოგენეზის სქემატური გამოხატულება. გრაფიკი მხოლოდ სისტე-
მის მდგომარეობის ცვლებადობას ან შედარებით უცვლელობას ასახავს; რაც
მისი დეფინიტურობის ხარისხით (იხ. ტექსტი) გამოიხატება. ორდინატა
ლერძზე სისტემის დეფინიტურობის ხარისხია (D) გადაზომილი, ხოლო აბს-
ცისათა ლერძზე კი დრო (t). O წერტილი — ონტოგენეზის ზენიტია, t_1 პერიო-
დი — სისტემის ჩამოყალიბების პერიოდი, ხოლო t_2 პერიოდი კი სისტემის დე-
ფინიტურობის ანუ შეფარდებითი სტაბილობის პერიოდს წარმოადგენს. t_3 პე-
რიოდს სისტემის დეგრადაციის პერიოდი შეიძლება ვუწოდოთ. ამ პერიოდის
განმავლობაში სისტემა „უკუგანვითარებას“ და ე. ი. ინფორმაციის კარგავს
განიცდის.

მოცემულ გრაფიკს რაოდენობრივი პრეტენზიები არ აქვს. ამიტომ დეფი-
ნიტურობის ხარისხის განსაზღვრისათვის არავითარი საზომი ერთეულები ნა-
ვარაუდოვი არ არის.

ჩვეულებრივად დაბერებას უწოდებენ. დაბერების პროცესში ინფორმაციის აშკარა კარგვას აქვს ადგილი (იხ. ქვემოთ). სიტყვის შკატი მნიშვნელობით, უკუგანვითარებაც განვითარებაა, რაზედაც შემდგომში გვექნება საუბარი. ამავე დროს, ონტოგენეზის გარკვეულ პერიოდში ცოცხალი სისტემა შედარებით უცვლელია, მას შეფარდებითი სტაბილურობა ახასიათებს. სწორედ ამ პერიოდში ის როგორც ორგანიზმი ფუნქციონირებს და მისი მდგომარეობა (როგორც სტრუქტურული, ისე ფუნქციური) ოპტიმალურია მოცემული სისტემის გარემოს მოცემულ პირობებში ფუნქციონირებისათვის. ამ პერიოდის საწყის წერტილს შეიძლება ონტოგენეზის ზენიტი, ხოლო თვით შეფარდებითი სტაბილურობის პერიოდს დეფინიტურობის პერიოდი ანუ დეფინიტურობა ვუწოდოთ. მაშინ დეფინიტურობის ხარისხი მით უფრო მეტია, რაც უფრო უახლოვდება სისტემის მდგომარეობა მის დეფინიტურ მდგომარეობას, ხოლო უკანასკნელი კი დეფინიტურობის ხარისხის მაქსიმუმს შეესაბამება. იმ პერიოდს კი, რომელიც დეფინიტურობას უძღვის წინ, სისტემის ჩამოყალიბების პერიოდი შეიძლება ვუწოდოთ. შესაძლებელია შემოღებული ტერმინები მოვლენათა არსს საკმარისად ვერ ასახავდეს, მაგრამ ბოლოს და ბოლოს ყველა ტერმინი შეთანხმების საკითხია. თვალსაჩინოებისათვის ონტოგენეზი ნახ. 6-ზე მოცემული გრაფიკით გამოვსახოთ.

ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ მეორე აქსიომის საგანი სრული სპეციფიკური ინფორმაციაა და არა მინიმალური ინფორმაცია (იხ. 2.1). გარდა ამისა, მეორე აქსიომა არ უარყოფს ცოცხალი სისტემის განვითარების პროცესში გართულებას, თუ გავითვალისწინებთ ის, რომ სისტემის სირთულე მის კომპონენტთა რიცხვზეა დამოკიდებული, ხოლო

$$H_{\text{inf}} = H_s \div H_{\text{ex}} \quad (7)$$

სადაც H_{ex} — ქარბი ინფორმაციის ოდენობაა.

იმის გამო რომ $H_s = \text{const}$ ცოცხალი სისტემის გართულება უსათუოდ სისტემაში ქარბი ინფორმაციის შემოსვლას და სისტემაში მის მატებას გულისხმობს. ქარბი ინფორმაცია სისტემაში არასპეციფიკური სახით შემოდის, და არა სპეციფიკური ინსტრუქციების სახით. უკანასკნელნი თვით ცოცხალ სისტემაშია მოცემული.

ახლა განვმარტოთ მთლიანად მეორე აქსიომის აზრი. ამისათვის შევადაროთ რომელიმე მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის * ზიგოტა და უკვე ცოტად თუ ბევრად ჩამოყალიბებული ორგანიზმი მისი განვითარების ნებისმიერ ეტაპზე. ამგვარი შედარებიდან ცხადი ხდება, რომ ისინი ერთმანეთისაგან ძირითადად კომპონენტების რაოდენობით განსხვავდებიან და არა მათ მიერ შესრულებული ფუნქციების რიცხვით. ზიგოტაში, რომელიც ორგანიზმის განვითარების „ერთუჯრედიანი“ ეტაპია, მოცემული ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო ფუნქცია** უკვე წარმოდგენილია. რალა თქმა უნდა, ეს სულაც არ ნიშნავს იმას, რომ ზიგოტა ყველა მოზრდილი ორგანიზმისათვის დამახასიათებელ ფუნქციას ასრულებდეს, მაგრამ მას პოტენციურად ყველა ის ფუნქცია აქვს (მასში ყველა ის ფუნქციაა პრეფორმირებული), რომელსაც შემდგომში დეფინიტური სისტემა შეასრულებს. ამისათვის კი სისტემას შესაბამისად ორგანიზებულ იკვანძებიც უნდა ჰქონდეს. თუ გავიხსენებთ 1.4 განაკვეთში დასაბუთებულ დებულებას იმის შესახებ, რომ სისტემის სპეციფიკური ინფორმაცია პირდაპირაა დამოკიდებული მის ფუნქციათა რიცხვზე, მივიღებთ, რომ

$$H_{\text{ვი}} \propto \chi \quad (8)$$

და ამავე დროს

$$H_{\text{ს}} \propto \chi \quad (9)$$

სადაც χ ცოცხალი სისტემის მიერ შესრულებულ ფუნქციათა რიცხვია.

მოტანილი მსჯელობიდან კი გამომდინარეობს, რომ მოცემული ცოცხალი სისტემის შესაბამისი ინსტრუქციების სრული რიცხვი უკვე ზიგოტაშია წარმოდგენილი და პრეფორმირებული. აღსანიშნავია, რომ ჩანასახოვანი განვითარების ადრე სტადიებზე, როდესაც განვითარების პროცესები განსაკუთრებით ინტენსიურია, სისტემა

* აქ მოცემული მსჯელობა ერთუჯრედიანი ორგანიზმებისათვისაც გამოდგება, მაგრამ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის შემთხვევაში მოწოდებული დასკვნები უფრო თვალსაჩინო და აშკარაა.

** კვლავ მოცემული სახეობისათვის დამახასიათებელი ფუნქციების რიცხვია ნაგულისხმები, და არა მინიმალური სასიცოცხლო ფუნქციების რიცხვი (იხ. 2.1)

მაქსიმალურადაა იზოლირებული გარემოსაგან. საბოლოო ჯამში სისტემაში იზრდება, თანაც არსებითად, კომპონენტების რიცხვი, ხოლო ფუნქციები ამ კომპონენტებს შორის ნაწილდება. ფუნქციური კომპონენტები (უჯრედები) შემდგომში ურთიერთქმედებენ, მაგრამ უჯრედშორისი ურთიერთქმედებებიც, როგორც ყველა სხვა ფუნქცია, რალადა სტრუქტურული და ფუნქციური ორგანიზაციის საშუალებითაა ნაგარაუდვეი.

ამგვარად, განვითარების პროცესში ცოცხალ სისტემაში მატულობს კომპონენტთა და არა. ფუნქციათა რიცხვი. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ განვითარების პროცესში იზრდება კარბი ინფორმაცია, ხოლო სპეციფიკური ინფორმაცია უცვლელია, და მოცემული სისტემისათვის L პერიოდში მაინც, ონტოგენეზის ზენიტამდე (იხ. ნახ. 6), მუდმივი სიდიდეა, რაც ჩვენ (იხ. ნახ. 6) გამოსახულებით გამოვხატეთ.

დეფინიტურ მდგომარეობაში მყოფ სისტემაში სპეციფიკური ინფორმაცია კომპონენტებს შორისაა განაწილებული მათ შორის ფუნქციათა განაწილების შესაბამისად. მაშასადამე, ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაცია კომპონენტების სპეციფიკური ინფორმაციათა ჯამის ტოლი იქნება:

$$H_s = H'_{s1} + H'_{s2} + H'_{s3} + \dots + H'_{sn}$$

ანუ

$$H_s = \sum_1^n H'_s \quad (10)$$

სადაც n — სისტემის მოცემულ მომენტში კომპონენტების ტიპების რიცხვია, ხოლო H'_s — კომპონენტის სპეციფიკური ინფორმაცია. ამავე დროს, როგორც ეს (6) გამოსახულებით გამოიხატა, H_s ცოცხალი სისტემის არსებობის გარკვეულ პერიოდში ყველა საფეხური-სათვის ტოლია.

მოტანილი გამოსახულებებიდან (10) და (6) გამომდინარეობს, რომ რაც უფრო მეტია სისტემის კომპონენტთა რიცხვი, მით უფრო ნაკლებია ყოველი მათგანის სპეციფიკური ინფორმაცია. ეს არის მეორე აქსიომის პირველი და მნიშვნელოვანი შედეგი.

საწინააღმდეგოდ სპეციფიკური ინფორმაციისა, ცოცხალი სისტემის ქარბი ინფორმაცია განვითარების პროცესში (1) პერიოდში, იხ. ნახ. 6) იზრდება, რის ხარჯზედაც იზრდება სისტემის სრული ინფორმაცია და (7) გამოსახულების თანახმად —

$$H_{cx0} < H_{cx} \text{ და } H_{i0} < H_{i11} \quad (11)$$

სადაც H_{cx0} სისტემის საწყისი მდგომარეობის შესაბამისი ქარბი ინფორმაციაა, ხოლო H_{cx} დეფინიტიური სისტემის ქარბი ინფორმაცია, H_{i0} სისტემის სრული ინფორმაციაა მის საწყის მდგომარეობაში, ხოლო H_{i11} კი დეფინიტიური სისტემის ინფორმაცია.

არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ჩვენ მიერ მსჯელობის საგნად შემოთავაზებული მეორე აქსიომა სისტემის სპეციფიკურ ინფორმაციას ეხება. ამიტომაც ძირითადად სწორედ სპეციფიკურ ინფორმაციას განვიხილავ.

შევეცადოთ წარმოვიდგინოთ ინფორმაციული პროცესები, რომლებიც თან ახლავს ცოცხალი სისტემის განვითარებას. ზიგოტა ასრულებს ყველა მინიმალურ სასიცოცხლო ფუნქციას, მაგრამ მინიმალური ინფორმაციით რეალური სისტემის მთელი სპეციფიკური ინფორმაცია არ ამოიწურება. მაშასადამე, სპეციფიკური ინფორმაციის ნაწილი სისტემის განვითარების საწყის ეტაპზე არ განაპირობებს იმ სპეციფიკურ ფუნქციებს, რომლებსაც შემდგომში სისტემა შეასრულებს, არამედ ფუნქციური და სტრუქტურული ორგანიზაციის სხვა ფორმის სახით არის დაბანდებული. სპეციფიკური ინფორმაციის ამ ნაწილს სარეზერვო ინფორმაცია შეიძლება ვუწოდოთ. ჩემსა და სალამატინას წიგნში [60] სარეზერვო ინფორმაცია (ეს ცნება სწორედ იმ წიგნშია შემოტანილი) ინფორმაციის ცალკე სახედ არის მიჩნეული. ეს ალბათ მცდარი, ან ყოველ შემთხვევაში არაზუსტი, მოსაზრებაა. სარეზერვო ინფორმაცია სისტემის სპეციფიკური ინფორმაციის არარეალიზებული ნაწილია, და, მაშასადამე, $H_s = H_{vs} + H_r$ (12)

სადაც H_s — ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაციაა, H_{vs} — ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაციის რეალიზებული ნაწილია, ხოლო H_r კი — სარეზერვო ინფორმაცია: განვითარების პროცესში H_r თანდათან მცირდება და ბოლოს,

როგორც ჩანს, ნულს უტოლდება. ხოლო H_{rs} კი, პირიქით, იზრდება და როდესაც $H_{rs} = H_s$, $H_r = 0$, რაც სპეციფიკური ინფორმაციის სრულ ფუნქციურ და სტრუქტურულ რეალიზაციას შეესაბამება.

ამ მსჯელობა და (12) გამოსახულებიდან მეორე აქსიომის კიდევ ერთი საგულისხმო შედეგი გამომდინარეობს, რომელიც შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოყალიბდეს: ცოცხალი სისტემის განვითარება სისტემის შიგნით ინფორმაციის გადანაწილების პროცესს წარმოადგენს.

სარეზერვო ინფორმაციის დაბანდების საშუალებები მართლაც არსებობს ცოცხალი სისტემის განვითარების უადრეს ეტაპებზე. უკვე კვერცხში, და განსაკუთრებით კი ზიგოტაში, რთულ სტრუქტურათა მთელი რიგია მოცემული, რომლებსაც სისტემის შემდგომი განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვთ. ასეთებია კვერცხის კორტექსის ორგანიზაცია, კვერცხის მთელი რიგი მოწყობილობანი (გარსები) და განაყოფიერების შედეგად მასში მიმდინარე პროცესები და ა. შ. ყველა ეს ცნობა მკითხველმა შეიძლება მთელ რიგ სახელმძღვანელოსა და წიგნში იპოვოს, ამიტომ ამ შრომების სიას აქ არ მოვიყვან.

ასეა თუ ისე, აქ ნახსენები ცნობები საკმარისია იმაში დასარწმუნებლად, რომ სარეზერვო ინფორმაცია ფიქცია არ არის და ამ ცნების შემოტანასა და გამოყენებას რეალური საფუძველი აქვს.

შევეცადოთ წარმოვადგინოთ, თუ რას წარმოადგენს ცოცხალი სისტემის განვითარება ინფორმაციული თვალსაზრისით. ეს რომ დეკოდირება არ არის, ამაზე უკვე ითქვა ზემოთაც. მართლაც, ცოცხალი სისტემის პროცესში ქარბი ინფორმაცია იზრდება, დეკოდირება კი სწორედ ქარბი ინფორმაციის ხარჯებს მოითხოვს, რადგანაც ცოცხალი სისტემა რეალური სისტემაა და მისი საინფორმაციო არხებიც იდეალური ვერ იქნება. უფრო სწორი იქნება ვიფიქროთ, რომ ცოცხალი სისტემის განვითარება მეხსიერების ბლოკში ჩაწერილი პროგრამის განხორციელების, რეალიზაციის პროცესია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პროგრამის რეალიზაციის პროცესი უსათუოდ დეკოდირების პროცესსაც შეიცავს. დეკოდირებასთან დაკავშირებული საინფორმაციო ხარჯები კომპენსირებული უნდა იყოს რეალიზებული ინფორმაციის ხარჯზე. როგორც

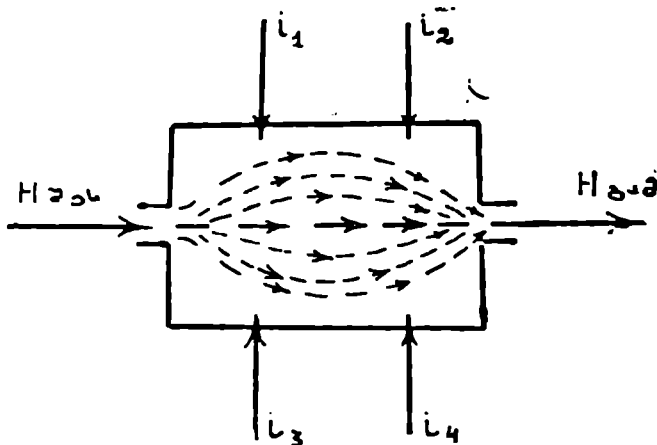
ჩანს, ამ მხრივ არც ცოცხალი სისტემაა გამონაკლისი. თვით ცოცხალი სისტემის სრული პროგრამა, როგორც ცნობილია, დნმ-ს მაკრომოლეკულებში პირველადი სტრუქტურის სახითაა ჩაწერილი. „მეხსიერების ბლოკის“ პარადოქსის შესაბამისად (იხ. 1.4), თვით დნმ-ს ინფორმაციის მოცულობა (ოდენობა) ბევრად მცირეა, ვიდრე მასში ჩაწერილი პროგრამის განხორციელების შედეგად მიღებული სისტემა. როგორც უკვე ითქვა (1.4), ჩვეულებრივად პროგრამის რეალიზაციისათვის საჭირო ინფორმაცია სისტემაში გარედან შემოდის (ან შემოაქვთ). იმ შემთხვევაში კი, როდესაც მეხსიერების ბლოკი და პროგრამირებული სისტემა სიერცობრივად დაცილებულეები არიან, ინფორმაცია უშუალოდ შესაქმნელ, ასაგებ სისტემაში უნდა იქნეს შეტანილი. ცოცხალ სისტემაში კი, სხვა მრავალ შემთხვევათაგან განსხვავებით, სპეციფიკური და ნაწილობრივ ქარბი ინფორმაცია თვით სისტემაშია დაბანდებული სარეზერვო ინფორმაციის სახით, ხოლო პროგრამის განხორციელება სისტემის ორგანიზაციის ერთი ფორმიდან მეორე ფორმაში გადასვლის საშუალებით ხდება. ამგვარად, აბსურდული არ იქნება მოსაზრება, რომ ცოცხალი სისტემის განვითარება პროგრამის რეალიზაციის პროცესს წარმოადგენს.

რალა თქმა უნდა, ამ განაკვეთში განხილული საკითხები ამოწურული სულაც არ არის, მაგრამ მათზე მსჯელობის და მათი განხილვის გაგრძელება ჩემი კომპეტენციის ფარგლებს გარეთ. გამიყვანდა და გადმოცემისათვის მხოლოდ საზიანო იქნებოდა.

2. 3. ინფორმაციის ნაქაღები და თვითრეპლიკაციის
(თვითრეპლიკაციის) პროცესები ცოცხალ სისტემაში
(აქსიომა ა)

მიღებული აქსიომა აღბათ უფრო ნაკლებ ლოგიკურ პროტესტს გამოიწვევს. სათაურის პირველი ნაწილი ტრივიალურადაც კი მოგვეჩვენება. რადგანაც ცოცხალი სისტემის არსებობი უმეტესი ნაწილი გარემოსთან მჭიდრო კავშირში მიმდინარეობს, იგი ღიაა და სხვანაირად ვერც წარმოვიდგენთ მას. ცოცხალი სისტემა რომ ღია სისტემაა, ეს ადრეც მრავალჯერ თქმულა (იხ. მაგ., [19] და [20]). ეს დებულება სახელმძღვანელოებშიც კი საკმაოდ თამამად შეაქვთ (მაგალითად, [31]). მაგრამ გასათვალისწინებელია,

რომ უმრავლესად იგულისხმება, რომ ცოცხალი სისტემა ენერგეტიკული თვალსაზრისით აალია და ამრიგად განიხილება ენერგეტიკული ცვლა სისტემასა და გარემოს შორის. ჩვენს შემთხვევაში სხვა ჯაბექტია საინფორმაციო. რაკი ჩვენ იმთავითვე საკითხს უფრო ზოგადად ვიხილავდით და სწორედ ამისათვის მივმართეთ ცოცხალი სისტემის დასახასიათებლად ინფორმაციის ცნებას, აქაც ეს უკანასკნელი უნდა მოვიშველიოთ. მაშინ ჩვენი დებულებაც სხვანაირად აქლერდება. შეიძლება ითქვას, რომ ცოცხალი სისტემა ინფორმაციულადაც



ნახ. 7. ცოცხალი სისტემა, გამოსახული დატოტილი საინფორმაციო აბე-
ბიანი (ისრებიანი წყეტილი ხაზები) სისტემის სახით $H_{გან}$ —სისტემაში შემო-
სული სკული ინფორმაცია, $H_{გამ}$ —სისტემიდან გამოსული სრული ინფორმაცია
ნორმალურ ფუნქციონირებასთან და ცვეთასთან დაკავშირებული დანახარების
ჩათვლით. I — სმაურია ([58]-დან).

ლია სისტემაა. შესაძლოა, ეს დებულება დიდ და დაყინებით
დამტკიცებას არც მოითხოვდეს, მაგრამ მისი ზოგიერთი მხარის
განმარტება კი აუცილებლად მიმაჩნია თუკი ცოცხალი სისტემა
ინფორმაციულად ღია სისტემაა, ის შეიძლება შემდეგნაირად გა-
მოისახოს (ნახ. 7). მოცემული ნახაზის მიხედვით ცოცხალ სისტე-
მაში გამულმეებით ინფორმაციული სიგნალების ნაკადი მიედინება.

შესავალზე ამ სიგნალთა ჯამია მოცემული, ხოლო სისტემაში შედ-
წეული ინფორმაცია სისტემაში ნაწილდება და სისტემის ფუნქცი-
ონირებას ხმარდება. ფუნქციონირების შედეგად ინფორმაციული
დანაკარგები წარმოიქმნება. სისტემა ნორმალური ფუნქციონირე-
ბისას ინფორმაციას ხარჯავს და, მაშასადამე, ინფორმაციის ნაწილი
სისტემას ტოვებს. თუ მოცემული სისტემის საარსებო გარემო უც-
ვლეელია, ხოლო ცოცხალი სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი თავის
მხრივ მუდმივია, მაშინ დატული უნდა იყოს შემდეგი პირობა,
სახელდობრ:

$$H_{\Sigma} - H_{\text{გაგ}} = 0 \quad (13)$$

სადაც H_{Σ} — სისტემაში შესული ინფორმაციაა, ხოლო $H_{\text{გაგ}}$ — მის-
გან გამოსული ინფორმაცია. პირველი მიახლოებისას შეიძლება
დავუშვათ, რომ ცოცხალ სისტემაში ეს პირობა მართლაც ხორ-
ციელდება, ხოლო სისტემის „ნაწილების“ ცვეთა კომპენსირებუ-
ლი უნდა იყოს შემოსული ინფორმაციით. თვით ცვეთა კი შეიძ-
ლება ფუნქციის შესრულებაზე დახარჯულ ნაწილად ვიგულოთ.

მაგრამ რეალურ პირობებში გარემო უცვლელი როდია. თუკი
ეს ასეა, არც ჩვენი დაშვებებია სრული. მართლაც, გარემოდან შე-
მოსული ინფორმაციის რაოდენობა შეიძლება ცვლადი სიდიდე
იყოს, თანაც გარემოს მდგომარეობაზე დამოკიდებული. გარდა ამი-
სა, სისტემაში შესული სრული ინფორმაცია მთლიანად სასარგებ-
ლო შეიძლება არც იყოს. სისტემაში უსათუოდ მისთვის უსარგებ-
ლო ინფორმაცია — ხ მ ა უ რ ი ც — შეიპარება. ხმაური სისტემაში
არასაკირო შეშფოთებებს და ინფორმაციის განაწილებაში დარღ-
ვევებს შეიტანს. მაშასადამე, ხმაური სისტემის ორგანიზაციის ხა-
რისხის დადაბლებას და, ამდენად, თვით სისტემის ინფორმაციის
ოდენობის შემცირებას გამოიწვევს. ხმაური — უარყოფითი ინ-
ფორმაციაა. მაშინ (13) გამოსახულებას სახე შეეცვლება და მივი-
ღებთ, რომ სისტემაში ინფორმაციის მოცულობის (ოდენობის)
მუდმივობის შესანარჩუნებლად უნდა ხორციელდებოდეს შემ-
დეგი:

$$H_{\Sigma} + (-i) = H_{\text{გაგ}}$$

ე. ი

$$H_{\Sigma} - i = H_{\text{გაგ}}$$

$$\text{და } H_{\Sigma} - H_{\text{გა}+i} \text{ ანუ } H_{\Sigma} = H_{\text{გა}+} + \sum_{i=1}^n i_i \quad (14)$$

სადაც $i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$ სისტემაში შემოსული ხმაურის სიგნალების

ჯამია და შეიძლება გამოისახოს როგორც $\sum_{i=1}^n i_i$.

როგორც ზემონათქვამიდან ჩანს, ცოცხალ სისტემაში ორგანიზაციის ხარისხის შესანარჩუნებლად ყველა ინფორმაციული ცვლილება სისტემის შესავალზე კომპენსირებულ უნდა იქნეს რაიმე მიმართული ცვლილებით გამოსავალზე და პირიქით, ცვლილებები გამოსავალზე კომპენსირებულ უნდა იქნეს ცვლილებებით შემოსავალზე. თეორიულად ამგვარი კომპენსაცია შეიძლებოდა ცალმხარეს მომხდარიყო, ე. ი. ემუშავა ან „შემოსასვლელ კარს“ (იხ. ნახ. 7), ან გამოსასვლელ კარს. რეალურ პირობებში შეფერხებები, როგორც შესავალზე, ისე გამოსავალზეა მოსალოდნელი. ამიტომ მე უფრო შესაძლებლად მიმაჩნია, რომ ინფორმაციის ნაკადის ინტენსივობის მოგვარება ორივე „კარის“ საშუალებით ზდება.

ამავე დროს სისტემას გარემოდან შემოსული ხმაურის თავიდან აცილებაც სჭირდება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ გარემოს მიმართ სისტემამ შერჩევითობა უნდა გამოიჩინოს. ინფორმაციის სასარგებლო ნაწილი უნდა შეუშვას სისტემაში, ხოლო ხმაურმა კი, პირიქით, სისტემაში ვერ უნდა შეაღწიოს: სისტემა გარემოსაგან იზოლირებული უნდა იყოს. ცხადია, სრული იზოლაცია შეუძლებელია არის და არც სისტემისათვისაა სასარგებლო. თუ სისტემაში ენერგია არ შევიდა და ქარბი ინფორმაციის ზრდა არ მოხდა, ცოცხალი სისტემა ვერც იარსებებდა და ვერც განვითარდებოდა. მაგრამ სისტემის შეღწევადობის ხარისხი მკაცრად განსაზღვრული, ხოლო თვით სისტემა გარემოსაგან განმხოლოებული, იზოლირებული უნდა იყოს.

საკუთრივ გარემოსაგან იზოლაციის ორი ფორმა შეიძლება დავასახელოთ: 1) უშუალო ან უპირდაპირი იზოლაცია და 2) ფუნქციური იზოლაცია (ადაპტაცია როგორც იზოლაცია განხილულია აგრეთვე [41]-ში).

ამ, ჩემს მიერ მოწოდებულ ერთგვარ კლასიფიკაციას არ ეწინააღმდეგება როზენის [44] მოსაზრება ჰომეოსტაზის შენარჩუნების შესახებ (რაც ადაპტაციის ეკვივალენტურია). როგორც ავტორი წერს, გარემოს ცვლილებათა თავიდან ასარიდებლად, ორი ხერხი არსებობს. ამათგან პირველია: სისტემა ურიგდება სუბოფტიმალურ ტაქტიკას (თუმცა ოპტიმალურ ვითარებას ვერ აღწევს, ვ. თ.), რაც სამაგიეროდ მისაღებია გარემოს ცვლილებათა დიაპაზონისათვის; მეორე მოსაზრება იმაში მდგომარეობს, რომ სისტემა ქმნის ბუფერულ მექანიზმებს, რომლებიც მას შინაგანი გარემოს მუდმივობას უნარჩუნებენ. აქვე უნდა დავძინო, რომ თუ მკითხველი როზენის წიგნის გაცნობას მოისურვებს, რითაც უდავოდ მხოლოდ მოიგებს, უნდა გაითვალისწინოს, რომ სადაც უშუალოდ გარემოზეა საუბარი, ავტორი ყველგან სისტემის (ორგანიზმის) შინაგან გარემოს გულისხმობს, ხოლო გარეგან გარემოს კი წინ უსათუოდ გარეგანს უმატებს.

ადვილი დასანახია, რომ როზენის „კლასიფიკაცია“ ცოცხალი სისტემის ადაპტაციის სტრატეგიას გულისხმობს, ხოლო ჩემი კი — მის კონკრეტულ ტაქტიკას.

უშუალო ან უპირდაპირი იზოლაცია გულისხმობს სისტემის მიერ ისეთი საშუალებების გამომუშავებას, ან სისტემაში იმგვარი საშუალებების არსებობას, რომლებიც უსარგებლო ინფორმაციის (ხმაურის) სისტემაში შესვლას შეაფერხებენ, წინააღმდეგობას გაუწევენ. ამგვარი იზოლაციის მკაფიო მაგალითია ზოგიერთი ცხოველის ბალანი, რომელიც იცავს ორგანიზმს გარემოში მომხდარი ტემპერატურული ცვლილებების გამო თვით ორგანიზმის ტემპერატურის ცვლილებებისაგან. ამგვარივე საიზოლაციო საშუალებაა ცხოველების კანი.

ფუნქციური იზოლაცია მდგომარეობს გარკვეული მექანიზმების საშუალებებით სისტემაში შემოჭრილი ხმაურის გაბათილებაში: მისგან გამოწვეული ძირითადი პარამეტრების გადახრების მოსპობაში და, თუ შეიძლება ასე ითქვას, status quo-ს შენარჩუნებაში. ამის გამო კი, გარემოს ცვალებადობის მიუხედავად, სისტემის მდგომარეობა შენარჩუნებული იქნება. ყოველივე ეს უამრავი სარეგულაციო კონტურის საშუალებით ხორციელდება (იხ. 3.1). ეს კარგადაა ცნობილი ფიზიოლოგებისათვის და საგანგე-

ბო მაგალითების მოტანას არც საჭიროებს. საყოველთაოდაა ცნობილი, რომ დროის გარკვეულ მონაკვეთებში ორგანიზმი ჰომეოსტაზის ინარჩუნებს (იხ. 3. 1) და ამგვარად, გარემოს აგან დამოუკიდებელია და, მაშასადამე, იზოლირებულიც.

გარემოსაგან იზოლაციის კიდევ ერთი ფორმა ფუნქციური იზოლაციის ერთ-ერთი სახეა. ეს ე. წ. ულტრასტაბილობაა და, რამდენადაც ვიცი, პირველად ეშბის [70] მიერაა განხილული. ეს მოვლენა ცოცხალი სისტემებისათვისაა სპეციფიკური და იმაში მდგომარეობს, რომ სისტემა თავიდან იცილებს გარემოს არასასურველ გავლენას თვით გარემოში ცვლილებების შეტანის გზით. თუ კატის კნუტის მახლობლად გავარგარებული ნაკვერჩხალი გაჩნდა, მას ორი გზით შეუძლია აარიდოს მან თავი: 1) მოსცილდეს ნაკვერჩხალს; 2) მკვირცხლად გაკრას თათი ნაკვერჩხალს და შორს გადაისროლოს იგი *. უფრო რთული, მაგრამ ამავე კატეგორიის მოვლენაა ცხოველების ყოველი რეაქცია გარემოდან შემოსულ არაპროგრამირებულ სიგნალზე (საფრთხის თავიდან აცილება, აგრესიული რეაქციები და ა. შ.). ყველა ამ შემთხვევაში ხორციელდება თვით გარემოს აქტიური შეცვლა ისე, რომ მიწმა სპონტანურმა ცვლილებებმა არ შეიტანოს შეშფოთებები სისტემაში.

იქნებ შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ გარემოსაგან ფუნქციური იზოლირების ამგვარი წესი, რომელიც ეშბის მიხედვით ულტრასტაბილობის შენარჩუნებას უზრუნველყოფს [70], მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის კომპონენტებშიც, კერძოდ კი უჯრედების ცალკეულ პოპულაციებში, ხორციელდებოდა. მაგალითად, უჯრედები ახდენენ სხვადასხვა ნივთიერებების სეკრეტირებას, რის ხარჯზეც ე. წ. ექსტრაცელულალური (უჯრედგარეშე) მატრიქსი ყალიბდება. ექსტრაცელულალური მატრიქსი კი აუმჯობესებს ამა თუ იმ უჯრედის სპეციფიკური ფუნქციის შესრულების პირობებს, რაც ალბათ, საბოლოო ჯამში კვლავ და კვლავ ჰომეოსტაზის დამყარებასა და შენარჩუნებას ემსახურება.

თუმცა ამგვარი მსჯელობა მეტად მიმზიდველია, მაგრამ უ. რ. ეშბის განმარტების მიხედვით აქ მოტანილი მაგალითი ულტრასტაბილობას არ შეეხება. ულტრასტაბილობა გულისხმობს გარემოს

* ეს ეშბის მიერ მოტანილი მაგალითია [70.]

ცვლილების ადეკვატურ რეაქციას, პასუხს გარემოდან წამოსულ არაპროგრამირებულ სიგნალზე და, შესაბამისად, გარკვეულ არჩევანს მოქმედებაში. ტყუილად კი არ უკავშირებს ეშბი ულტრასტაბილობას „მცდელობათა და შეცდომების“ მოვლენას [70], უფრო დაწვრილებით ულტრასტაბილობის შესახებ იხ. პარაგრაფი 3.1.

შეჯამებისას შეიძლება ითქვას, რომ ამ უკანასკნელ განაკვეთში გადმოცემული მოსაზრებები ტრივიალურია, მაგრამ სასარგებლო და მათგან რამდენიმე საგულისხმო შედეგიც შეიძლება გამოვიყვანოთ. თვით მესამე აქსიომა კი შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს:

ყოველი ცოცხალი (ბიოლოგიური) სისტემა ღია და თვითრეგულირებადი სისტემაა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ 1) მასში განუწყვეტლად ინფორმაციის ნაკადი მიედინება, რომელიც სისტემაში გარემოდან შედის და კვლავ გარემოს უბრუნდება — და 2) ცოცხალ სისტემაში დროის ცოტად თუ ბევრად ხანგრძლივ მონაკვეთებში ჰომეოსტაზს აქვს ადგილი. მისი ძირითადი პარამეტრები ამ დროის მონაკვეთში უცვლელია, ხოლო სპეციფიკური ინფორმაცია ონტოგენეზის მთელ მანძილზე მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს (იხ. 2.2).

ჰომეოსტაზის შენარჩუნება რიზენს [44] ბიოლოგიურ სისტემებში „ოპტიმალობის პრინციპის“ განხორციელების ერთ-ერთ საშუალებად მიაჩნია.

2.4. მთლიანი სისტემისა და მისი კომპონენტების ჰაერის ურთიერთმიმართება ცოცხალ სისტემაში (აქსიომა 4)

ეს განაკვეთიც საბოლოო ჯამში აქსიომად უნდა ჩამოყალიბდეს. ალბათ ეს აქსიომა დავასაც გამოიწვევს, მაგრამ, როგორც ამბობენ, ცდა ბედის მონახვერვა და ვინ იცის, იქნებ ჩემი მსჯელობა არ იყოს მოკლებული „რაციონალურ მარცვალს“. დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ ცოცხალ სისტემებში მისი კომპონენტები ყოველთვის არ ექვემდებარებიან ყველა იმ კანონზომიერებას, რომელსაც ძალა აქვს მთლიანი სისტემის მიმართ*. სწორედ ესაა ჩვენი მე-

* ამგვარი რამ, შესაძლოა, არაოცხალ სისტემებში გვხვდებოდეს, მაგრამ ამნაირი ექსტრაპოლაციისათვის ცნობები არ გამაჩნია და მისგან თავს ვიკავებ.

ოთხე აქსიომა. ამის ყველაზე მკვეთრი მაგალითია გარკვეული განსხვავება ორგანიზმისა და მისი შემადგენელი უჯრედების ონტოგენეზს შორის. ცოცხალი სისტემა ყოველთვის ერთი მიმართულებით იცვლება და მისი ონტოგენეზი აბსოლუტურად შეუქცევადია. ამავე დროს ცალკეული უჯრედების ონტოგენეზის შეუქცევადობა შეფარდებითია. შეუძლებელია ცოცხალი ორგანიზმის განვითარების წინამორბედ სტადიაზე დაბრუნება. შესაძლებელია მხოლოდ მისი ამა თუ იმ სტადიაზე დაყოვნება, რაც მაგალითად, ზოგიერთ უხერხემლო ცხოველში, კერძოდ მწერებში, ხდება (დიაპაუზა). ამგვარი დაყოვნება მწერებში შეიძლება ხელოვნურადაც გამოვიწვიოთ ე. წ. იუვენილური ჰორმონის ზემოქმედებით, მაგრამ მწერის იმაგო არასოდეს გადაიქცევა კუპრად, კუპრი — მატლად, მოზრდილი ამფიბია — თავკომბალად ანუ მატლურ (ლარვულ) ფორმად და ა. შ. ამავე დროს, უჯრედების არსებობის ერთ-ერთ წინამორბედ მდგომარეობათაგანში დაბრუნება კი ცნობილი მოვლენაა. ამგვარი დედიფერენცირების მაგალითებია უჯრედების მიერ ფენოტიპურ ნიშან-თვისებათა დაკარგვა და მიტოზურ ციკლში შესვლა ზოგიერთი ორგანოს რეგენერაციის დროს ან — ძირითად ფენოტიპურ ნიშან-თვისებათა დაკარგვის გარეშე, ხრტილოვანი და ზოგიერთი სხვა უჯრედების დედიფერენცირება მათი კულტივირებისას. ამგვარ დედიფერენცირებას განიცდის, მაგალითად, ლიმფოციტი ფიტოჰემაგლუტინინით ან სხვა, ანალოგიური პროცესის გამომწვევი საშუალების ზემოქმედების შედეგად ბლასტრანსფორმაციის პროცესში და ა. შ.

ზოგიერთი მკვლევარი ექვს გამოთქვამს დედიფერენცირების შესაძლებლობის მიმართ. მაგრამ, ალბათ, საეჭვო უფრო უჯრედის სრული დედიფერენცირება და დედიფერენცირებული უჯრედის მიერ ყველა პოტენციის შექმნა ანუ მისი სრული ემბრიონალიზაციაა და არა წინამორბედ სტადიაზე დაბრუნება. ისე კი არც ეს ექვი უნდა იყოს სამართლიანი. მართლაც, მცენარეებში მაინც აქვს ადგილი უჯრედების სრულ დედიფერენცირებას. მხედველობაში მაქვს სტიუარდის გახმაურებული ცდები (რომელთა საკმარისად ზუსტი აღწერა [78]-შია და ბიოლოგიის სხვა სახელმძღვანელოებშიც შეიძლება იხილოს). ცნობილია, რომ ამ მკვლევარმა მიიღო სტაფილოსა და თამბაქოს კულტურაში დათესილ თითო-თი-

თო უჯრედებიდან სრული მცენარეები. ეს, როგორც ჩანს, გამონაკლისი არ არის და ამგვარი უნარი ყველა მცენარეს უნდა ჰქონდეს.

ბოლოს, უნდა გავიხსენოთ სრულიად საოცარი და საყოველთაოდ გავრცელებული მოვლენა. ეს არის გერმინატული უჯრედების დიფერენცირება და გემეტების ჩამოყალიბება. ცნობილია, რომ გამეტები უაღრესად დიფერენცირებულ უჯრედებად გვევლინება, მაგრამ სწორედ ეს უჯრედები მომწიფებისას განიცდიან აბსოლუტურ დედიფერენცირებას და დასაბამს აძლევენ ახალ ორგანიზმს და, მაშასადამე, სრულ დედიფერენცირებას, ემბრიონალიზაციას განიცდიან. ამგვარად, გამეტების დიფერენცირება ციკლური ხასიათისაა. ციკლური დიფერენცირების უნარი, როგორც ჩანს, არცერთ სხვა უჯრედს არა აქვს. საერთოდ სხვა ტიპის უჯრედების დედიფერენცირების ალბათობა სტანდარტულ პირობებში მეტად მცირეა. ამ მხრივ გამეტებს სხვა უჯრედებისაგან განსხვავებული და საოცარი ბედი აქვთ.

შეიძლება გვეფიქრა, რომ გამეტების დედიფერენცირება განაყოფიერების პროცესში ხდება და არა თვით უჯრედს ახასიათებდეს, მაგრამ ეს ასე არ არის. მართლაც, ხერხემლიან ცხოველებშიც კი არსებობს სახეობები, რომლებიც განაყოფიერების გარეშე, პარტენოგენეზურად, მრავლდებიან. თითქმის ყველა კლასის ცალკეულ წარმომადგენლებში არის ნანახი გარკვეული სიხშირით პარტენოგენეზური ინდივიდუუმების წარმოშობა. მაშასადამე, ყოველ შემთხვევაში, მდებარეობითი გამეტების დედიფერენცირება უდავო ფაქტია.

მეოთხე აქსიომიდან გამომდინარეობს, რომ 1. ცოცხალი სისტემის თვისებები არ დაიყვანება მისი კომპონენტების თვისებათა ჯამზე და 2. უჯრედის დიფერენცირება განვითარებას არ წარმოადგენს, თუმცა უჯრედებისაგან შემდგარი სისტემის განვითარების აუცილებელი პირობაა. უკანასკნელი დასკვნა პარადოქსულად ჟღერს, მაგრამ, ვფიქრობ, 3.2. და 4.1 განაკვეთების ურთიერთშედარებისას და დაპირისპირებისას მისი დასაბუთებაც უკეთესად გამოიკვეთება.

მეოთხე აქსიომა სამართლიანია მხოლოდ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმებისათვის: თუმცა ინდივიდუალური განვითარე-

ბა არც ერთუჯრედოვანი ორგანიზმების შემთხვევაშია ციკლური; უჯრედისა და მისი კომპონენტების ქცევა ძნელი გასარჩევია.

გამარტივების შეზღუდვის პრინციპი

ცხადია, რადგანაც დებულებას პრინციპი დაერქვა, ის აქსიომა ვერ იქნება და უკანასკნელისაგან უნდა განსხვავდებოდეს კიდევც. ეს ასეც არის. დებულება, რომელიც მოცემულ განაკვეთში განიხილება, თეორიულ-მეთოდური ხასიათისაა, მაგრამ, ამავე დროს, ცოცხალი სისტემის თავისებურებები და მის არაცოცხალი სისტემისაგან განსხვავებასაც ასახავს. ცნობილია, რომ თეორიული მსჯელობისას მკვლევარი იძულებულია მიმართოს სიტუაციის გამარტივებას, რის გარეშეც თეორიის აგება საერთოდ შეუძლებელია (იხ. 1.2). რამდენადაც ყოველი თეორია მოვლენის მხოლოდ მოდელს იძლევა, ის თავისთავად უკვე გარკვეულ გამარტივებას გულისხმობს.

არაცოცხალი სისტემის შესწავლისას თეორიული გამარტივება თითქმის არაფრითაა შეზღუდული. მართლაც, ატომის ძირითადი თვისებები იგივეა, რაც ურთულესი არაცოცხალი სისტემისა. მართალია, იგივეს ვერ ვიტყვით ელემენტარულ ნაწილაკებზე, თუმცა ელემენტარული ნაწილაკიც თავის ძირითად თვისებას გამარტივებისას არ კარგავს — ის მაინც არაცოცხალი რჩება.

ცოცხალი სისტემის განხილვისას გამარტივების მიმართ გაცილებით მეტი სიფრთხილე უნდა გამოვიჩინოთ. მართლაც, გამარტივება ასე თუ ისე განსახილველი სისტემის ინფორმაციის რაოდენობის დაკლებასაც გულისხმობს. ამასთან, მკვლევარს აქვს უფლება ერთდროულად გაამარტივოს იგი მხოლოდ იქამდე, სანამ დაცულია შემდეგი პირობა (იხ. 2.1).

$$H = H_{cr} \text{ ან } H > H_{cr} \quad (\text{იხ. [4]}).$$

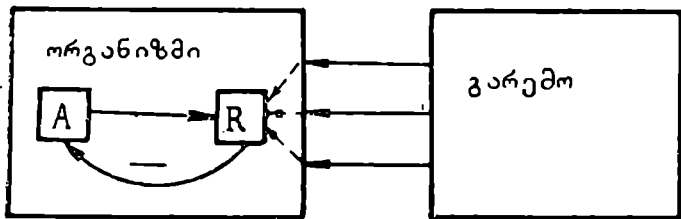
გაუფრთხილებელი გამარტივებისას ეს პირობა აუცილებლად ირღვევა და განსახილველი სისტემის ინფორმაცია $H < H_{cr}$ ხდება. ამგვარ შემთხვევაში კი ჩვენი სისტემა ცოცხალი აღარ არის და მის თეორიულ განხილვას როგორც ცოცხალი სისტემისა აზრი ეკარგება.

**8. ონტოგენეზის დამახასიათებელი აქსიომატიდან
განომდინარე შედეგები. ადაპტაცია (შეგუება)
და განვითარება**

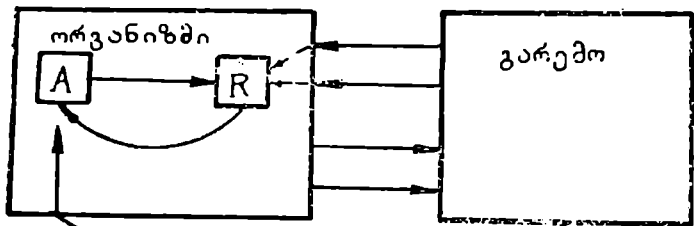
3. 1. ადაპტაცია

ადაპტაციაზე (შეგუებაზე) წინა განაკვეთებში უკვე ბევრი რამ ითქვა. შეჯამების სახით შეიძლება ითქვას, რომ ადაპტაცია წარმოადგენს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას გარემოსაგან ფიზიკური ან, რაც უფრო მნიშვნელოვანია, ფუნქციური იზოლაციის გზით. სწრაფად ცვლებად გარემოსათვის ადაპტაციური რეაქტივებიც სწრაფი უნდა იყოს. ცოცხალი ორგანიზმებისათვის დადგენილია რეაგირების ტიპი, რომელიც ორგანიზმის (ან მისი მსგავსი სისტემის) ულტრასტაბილობას განაპირობებს (იხ. 2.3). ულტრასტაბილობას საბოლოო ჯამში საფუძვლად უდევს ორმაგი უკუქცევითი კავშირი, ნაცვლად ცალმაგისა, რომელიც უმრავლესად ჰომეოსტაზებისათვის არის დამახასიათებელი. ჩვეულებრივ ჰომეოსტაზის დასაცავად საკმარისია ერთი უკუქცევითი კავშირი, რომელიც რომელიმე ერთ ძირითად პარამეტრს შეესაბამება. ამგვარი უკუქცევითი კავშირი შინაგანი კავშირია (იხ. 70), რადგანაც მისი მოქმედება სისტემის საკუთარი პარამეტრის ან პარამეტრების მდგომარეობის აღრიცხვას ემყარება (იხ. 1.5 და ნახ. 8). ჰომეოსტაზის საიმედოობისა და სტაბილობის გაზრდისათვის სისტემაში შეიძლება შეტანილ იქნეს მეორე უკუქცევითი კავშირი, რომელიც გარემოს და სისტემის აღმსრულებელ ბლოკს (კვანძს) დააკავშირებს. სწორედ ამგვარი ორმაგი კავშირი ცოცხალ ორგანიზმებს ახასიათებს (ნახ. 8). ამის მაგალითად ისევ და ისევ თერმოსტატის მოტანა შეიძლება. თერმოსტატის არსებითი, სარეგულაციო პარამეტრი — ტემპერატურაა. მიუხედავად იმისა, რომ თერმოსტატში გა-

რემოს ტემპერატურა შეიძლება თერმოსტატის შინაგან (საკუთარ) ტემპერატურაზე მოქმედებდეს, თერმოსტატის აღმსრულებელი კვანძები გარემოს ტემპერატურას უშუალოდ თვალყურს არ ადევ-



5



6

ნახ. 8. ნახაზე სქემატურად არის გამოხატული განსხვავება ჩვეულებრივ სტაბილურ და ულტრასტაბილურ სისტემებს შორის. წრფივი ისრებით პირდაპირი კავშირებია აღნიშნული, ხოლო რკალისებრი ისრებით კი — უკუკავშირები (უკუქცევითი კავშირები).

A — აღმსრულებელი მექანიზმების ერთობლიობა. R — არსებითი პარამეტრების ერთობლიობა.

უკუქცევით კავშირებს ნიშნები არ უწერია, რადგანაც ამ შემთხვევაში კავშირები შეიძლება უარყოფითიც იყოს და დადებითიც. გარემოს შინაგანი კავშირები ნაჩვენები არ არის. ნახატს ეშის [68] მოსაზრებები დაელო საფუძვლად.

ნებენ, არ გრძნობენ და გარემოდან ინფორმაციას არ იღებენ. ატავიზმური უკუკავშირი გარემოსა და თერმოსტატს შორის არ არსებ-

ბობს. ამავე დროს, ჰომეოსტაზი თერმოსტატში წარმატებით შენარჩუნებულია. მაგრამ ადაპტიური სისტემისათვის ეს საკმარისი არ იქნებოდა. მაგალითად, ცოცხალი სისტემისათვის ხშირად აუცილებელია რეაგირება უფრო ადრე მოხდეს, ვიდრე გარემოდან შემოსული ზემოქმედება სისტემაში სტრუქტურულ ცვლილებებს გამოიწვევდეს. იქნებ პარადოქსულად მოგვეჩვენოს ის გარემოება, რომ სწორედ გარემოსთან უკუქცევეითი კავშირის დამყარება უზრუნველყოფს სისტემის გარემოსაგან ფუნქციური ზოლაციას (იხ. 2. 4). ადაპტაციური პროცესები მეტად რთულია და აქ მათი აღწერა, ალბათ, მიზანშეწონილი არ იქნებოდა. ამის წარმოსადგენად საკმარისია მკითხველი [69, 70] და [44]-ს გაეცნოს. აქ კი შეიძლება მხოლოდ ის შევანხნოთ მკითხველს, რომ საადაპტაციო მოწყობილობები ორგვარია. მათი ერთი ჯგუფი ემსახურება გარემოს შედარებით სტაბილურ ფაქტორებთან შეგუებას. ასეთებია საცხოვრებელი გარემოს ტიპი (წყალი, ჰაერი და სხვა), ზღვის დონიდან სიმაღლე და სხვა. თუმცა ტემპერატურა შეიძლება საკმაოდ ფართო ფარგლებში ცვალებადობდეს, ზოგ შემთხვევაში ისიც საკმაოდ სტაბილური შეიძლება იყოს. სტაბილურ ფაქტორებთან შეგუებისათვის სტაბილურივე მოწყობილობანი კმარა. ხშირად ეს ადაპტაციის, თუ შეიძლება ითქვას, პასიური საშუალებებია, რომლებიც სისტემის გარემოსაგან უშუალო იზოლაციას ემსახურებიან (ბეწვი, უხერხემლოების გარეგანი ჩონჩხი და სხვა). მაგრამ უკვე ამ მოწყობილობებს-სისტემაში ორგანიზაციის გარკვეული ნამატი შეაქვთ. კიდევ უფრო დიდი ინფორმაციული ნამატი შეაქვთ ყველა იმ ადაპტაციებს, რომლებიც გარემოს ფაქტორების ცვალებადობასთან არის დაკავშირებული. აქ ყველა ის თვისება ხდება აუცილებელი, რომელიც სისტემის ულტრასტაბილობასთანაა დაკავშირებული. ამგვარად, ინფორმაციის დიდი ნაწილი შეგუებით, ადაპტაციურ პროცესებზე მოდის. ამაზე საუბარი უკვე 2.1 განაკვეთში გვქონდა, ხოლო სისტემის სრული ინფორმაცია გამოისახება როგორც

$$H_{vit} = H_v + Had \quad (15)$$

(აღნიშვნები იხ. ზევით).

უცვლელ გარემოში სტაბილურ ადაპტაციებს დიდი დატვირთვა არ აქვს, რადგანაც ისინი იმთავითვე არსებობენ. ორგანიზმის ადაპტაციური დატვირთვა და დაძაბულობა მკვეთრად იზრდება თუ ორგანიზმი დინამიკურ, ცვალებად გარემოში არსებობს. მართლაც, უცვლელ გარემოში ორგანიზმი და გარემო ურთიერთგაწონასწორებულია და ორგანიზმს გარემოსთან დამატებითი შეგუება არ კირდება. თუ გარემო უცვლელია, მაშინ ეშმის თქმით [70] „ორგანიზმს არაფერი ემუქრება და იგი უკვდავია“. ეშმის მიერ წამოსროლილი ეს დებულება მეტად აზრიანია და მას ყურადღება უნდა მიექცეს. აქვე უნდა გავიხსენოთ, რომ ადაპტაციას კიდევ ერთი მეტად საგულისხმო თვისება აქვს: ადაპტაციის დარღვევა ან უქმარისობა საადაპტაციო მექანიზმებზე კი არ მოქმედებს, არამედ, უპირველეს ყოვლისა, სისტემის (ორგანიზმის) ძირითადი პარამეტრების მოუგვარებლობასა და მუშაობის საჭირო რეჟიმიდან გადახრას იწვევს (იხ. ნახ. 8 და [70]). მაშასადამე, გარემოდან სისტემაში შემოსული ხმაური უშუალო ხიფათს უქმნის სისტემის არსებობას, ანუ, ჩვენ შემთხვევაში, ორგანიზმის ცხოველმყოფელობას. როგორც უკვე ითქვა, ადაპტაცია სისტემის გარემოდან იზოლაციას წარმოადგენს, მაგრამ იზოლაციის პასიური გზები, თუმცა ხორციელდება, მაგრამ ჩვეულებრივად არასაკმარისი აღმოჩნდება და ცოცხალი სისტემა (ორგანიზმი) მრავალ შემთხვევაში აქტიურ ადაპტაციებს მიმართავს. ამ გზით ულტრასტაბილობას აღწევს. ყოველივე ეს ალბათ საკმაოდ ტრივიალურია, მაგრამ ჩვენი გადმოცემისათვის აუცილებლად მიმაჩნია.

ჩვენ მივადექით საკითხს, რომელიც ერთ-ერთი ფუნდამენტურია ცოცხალი სისტემების ონტოგენეზური თეორიისათვის. საკითხავია, შეიძლება თუ არა დინამიკური ადაპტაცია, რომელიც ცვალებად გარემოს შეესატყვისება, იყოს სრული როგორც მისი ხარისხობრივი, ისე დროითი მახასიათებლების მიხედვით. სხვანაირად რომ ვთქვათ: ახდენს თუ არა ადაპტაცია გარემოს პირობების ცვლილების გამო სისტემაში აღმოცენებული შეშფოთებების სრულ კომპენსაციას და საკმარისია თუ არა ადაპტაციის სისწრაფე?*

* ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ აქაც, როგორც ყველგან ზევით, ინდივიდუალურ სისტემაზეა ლაპარაკი.

არსებითად დროითი უკმარისობა (რეაქციის არასაკმარისი სიჩქარე) საბოლოო ჯამში ხარისხობრივ უკმარისობას გამოიწვევს.

ამ საკითხზე დასაბუთებული პასუხის გაცემა ადვილი როდია. მიემართოთ ჩვენი ყოველდღიური ცხოვრებიდან გამომდინარე მსჯელობას. თუ რეალურ სისტემაზეა საუბარი, მაშინ აუცილებელია, რომ მას გარკვეული ადაპტაციური დაძაბულობა (დატვირთვა) ახასიათებდეს. გარემოდან შემოსული ყველა შემაშფოთებელი სიგნალი კომპენსირებული რომ ყოფილიყო, სისტემის ძირითადი პარამეტრები უცვლელი და ხელშეუხებელი დარჩებოდა. ამგვარი სისტემა მეტად მყარი იქნებოდა და ინფორმაციული დანაკარგები მასში უმნიშვნელო სიდიდის ტოლი გახდებოდა. სინამდვილეში ინფორმაციული დანაკარგები ცოცხალ სისტემებში მაინც შესამჩნევია. შეიძლება ორი მაგალითის მოყვანა, რომელნიც ადაპტაციის უკმარისობის მაჩვენებელია. პირველი მაგალითია სტრესის მოკლენა. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ სტრესი ადაპტაციური მოვლენაა. ასე თუ ისე, ეს ძლიერ ზემოქმედებაზე დაცვითი რეაქციაა, რომელიც მთელი ორგანიზმის მობილიზაციას ემსახურება. ამავე დროს, სტრესის სავალალო შედეგებიც კარგადაა ცნობილი. მეორე მაგალითია ქსოვილოვანი ან, ხშირად, ორგანოთა რეგენერაცია. მოზრდილ ცხოველებში დაზიანებით გამოწვეული დანაკლისი მეტად იშვიათად კომპენსირდება. განსაკუთრებით აშკარაა ეს ე. წ. სუბსტიტუციური რეგენერაციის შემთხვევაში, როდესაც მოფუნქციონირე ქსოვილს შემაერთი ქსოვილი ცვლის. ალბათ ამ დებულების გაერცელება მრავალ სხვა ადაპტაციაზე უსაფუძვლო არ იქნებოდა, რასაც მივყავართ კიდევ ერთ აქსიომამდე, რომელიც შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოვაყალიბოთ:

გარემოს ცვლილებების მიმართ ცოცხალი სისტემის ადაპტაცია არასოდეს სრული არ არის. ადაპტაციური პროცესის განხორციელებისას მუდამ რჩება რაღაც ხარისხის შეუგუებლობა, რომელიც საბოლოო ჯამში სისტემიდან სპეციფიკური ინფორმაციის გაჟონვას იწვევს (აქსიომა 5).

ყოველი ადაპტაციის განხორციელებისას დარჩენილ ნარჩენ შეუგუებლობას შეიძლება ადაპტაციური დეფიციტი ვუწოდოთ.

დასაშვებია, რომ ადაპტაციური დეფიციტი ცოცხალი სისტემი-

დან ინფორმაციის გაყონვის ერთადერთი მიზეზია. მართლაც, სისტემის ფუნქციური ცვეთის გამო აღმოცენებული ინფორმაციული დანაკარგები ადვილი უგულებელსაყოფია, რადგანაც კარგადაა კომპენსირებული გარემოდან შემოსული სასარგებლო სიგნალებით. ამას სტაბილური საადაპტაციო საშუალებები უზრუნველყოფენ. თუკი ეს ასეა, მაშინ სისტემის დაბერების ძირითადი მიზეზი (სიტყვა „ძირითადი“ სიფრთხილის გამოა დართული) ადაპტაციური დეფიციტი უნდა იყოს.

აქვე უნდა დავძინოთ, რომ თავისთავად დაბერების საკითხი ერთობ რთულია და ასე ერთი ხელის მოსმით ვერ გადაწყდება. თუმცა კი უდავო ჩანს, რომ დაბერება სისტემიდან ინფორმაციის გარდუვალი გაყონვის შედეგია, რაზედაც უკვე იყო ზევით საუბარი (2.2). ალბათ ისიც ასე თუ ისე დასაბუთებულად უნდა ჩავთვალოთ, რომ სისტემიდან ინფორმაციის გაყონვის მთავარი მიზეზი ადაპტაციური დეფიციტია. ამავე დროს მრავალი კითხვა უპასუხოდ გვრჩება. რატომ არის სხვადასხვა ორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვა? აქვს თუ არა სიცოცხლის ხანგრძლივობას რაიმე ადაპტაციური მნიშვნელობა და სხვა.

ყველა ამ კითხვაზე პასუხი სრულიად უიმედო რამ იქნებოდა. შევეხები მხოლოდ ერთს — დაბერების პროცესში მყოფი სისტემის კომპონენტებისა და მთელი სისტემის ურთიერთმიმართების საკითხს. პირველად ისე ჩანდა, თითქოს თავისთავად უჯრედები ბერდებოდნენ. ასეთი შთაბეჭდილება ეფუძნებოდა ერთუჯრედიანი ორგანიზმების „უკვდავებას“. ბოლო დრომდე (თუკი სამოციანი წლები ბოლო დროდ შეიძლება ჩაითვალოს) ითვლებოდა, რომ კულტურაში დათესილი უჯრედებიც უსასრულოდ მრავლდებიან და „უკვდავნი“ არიან. მაგრამ ჩვენი საუკუნის 60-იან წლებში აღმოჩნდა, რომ კულტურაში დათესილი ფიბრობლასტები განსხვავდებიან ერთუჯრედიანი ორგანიზმებისაგან და მოკლებულნი არიან „უსასრულოდ“ გამრავლების უნარს. როგორც ჩანს, ეს ცხოველური ორგანიზმის უჯრედების უმრავლესობას ეხება. გაყოფათა გარკვეული რიცხვისას ისინი კარგავენ გამრავლების უნარს [87, 88]: ადამიანის ფიბრობლასტები 50-ჯერ იყოფიან [105], ხოლო თაგვისა კი — 10-20-ჯერ. ამასთან, „უკვდავების“ აღკვეთის მიზეზი სავანგებო გენი (!) ყოფილა. შეიძლება შეგვექმნას შთაბეჭდილება,

რომ დაბერება სისტემის კომპონენტების გამოფიტვის (დაბერების) შედეგია, რაც გენეტიკურად არის განპირობებული, ხოლო ჩემ მიერ გამოთქმული მოსაზრება დაბერების ინფორმაციული დანაკარგების გამო მიმდინარეობისა და ამ დანაკარგების ადაპტაციურ დეფიციტზე დამოკიდებულების შესახებ იმთავითვე სწორი არ არის. ამგვარ დასკვნას ეწინააღმდეგება შემდეგი მოსაზრებები და ფაქტები:

1. გამრავლების უნარის დაკარგვისა და დაბერების გაიგივება არ უნდა იყოს მართებული. ცნობილია, რომ ნერვული უჯრედები ძალიან ადრე, პოსტემბრიონული პერიოდის ადრე ეტაპებზე, წყვეტენ გამრავლებას, მაგრამ ამავე დროს მათი, ყოველ შემთხვევაში, გარკვეული ნაწილისა, სიცოცხლის ხანგრძლივობა ორგანიზმის სიცოცხლის ხანგრძლივობის ტოლია, გარდა ამისა, ნეირონები სწორედ გაუყოფად მდგომარეობაში განსაკუთრებით ინტენსიურად ფუნქციონირებენ. აქედან ცხადია, რომ ნეირონების დაბერება არ ემთხვევა მათ მიერ გამრავლების დაკარგვის უნარს. კიდევ უფრო თვალსაჩინო მაგალითია — ოოგონიუმები, რომლებიც სპერმატოგონიუმების საწინააღმდეგოდ, ონტოგენეზის საკმაოდ ადრე სტადიებზე წყვეტენ გამრავლებას. მაგრამ ამ უჯრედებს დაბერებას სწორედ რომ ვერ დავწამებთ, რადგანაც სწორედ ისინი (და ზოგჯერ განაყოფიერების გარეშეც კი) აძლევენ დასაბამს მომავალ თაობებს და ჩანასახოვანი გზის „უსასრულობას“ განაპირობებენ (იხ. მაგ., [39]).

2. წინა მუხლიდან კარგად ჩანს, რომ ორგანიზმში მაინც მოიპოვებიან „უკვდავი“ უჯრედები. ეს კვლავ და კვლავ გამეტები არიან — ანუ ჩანასახოვანი გზის უჯრედები. ეს უჯრედები თაობიდან თაობაში გადადიან და პრაქტიკულად უკვდავი არიან. ამ მოვლენაში ისიცაა ხაზგასმული, რომ გარკვეული ტიპის უჯრედები — მდებარეობითი გამეტები — დროებით წყვეტენ გამრავლებას, ხოლო მერე კი კვლავ იძენენ გაყოფის უნარს — კიდევ ერთი საბუთი იმისა, რომ გამრავლების შეწყვეტა და დაბერება ერთი და იგივე მოვლენა არ არის.

3. ცნობილია, რომ უჯრედების კულტურაში გარკვეული სიხშირით ღდება მუტაცია, რომლის შედეგად უჯრედები „უსასრულოდ“ გამრავლებადნი და „უკვდავი“ ხდებიან. ღდება „მოკვდა-

ვობის“ გენის გამორთვა (გამოთიშვა) [105]. ეს უდავოდ მიგვიტო-
თებს იმაზე, რომ უჯრედების „მოკვდავობა“ მათი დაბერების შე-
დეგი არ არის და გარკვეულ პირობებში შექცევადი მოვ-
ლენაა. ხოლო თვით უჯრედების თაობათა რიცხვის შეზღუდვა
უჯრედების პროლიფერაციის (გამრავლების) რეგულირების ერთ-
ერთ ფორმად შეიძლება მივიჩნიოთ [105]. როგორც უკვე ითქვა,
თვით ორგანიზმში არსებობს უჯრედების „უკვდავი“ ჯგუფი — გა-
მეტები, ხოლო მათი ერთი ნაწილი (მდედრობითი გამეტები) გამრავ-
ლების შეწყვეტის შემდეგ და მაშასადამე, „დაბერების“ შემდეგ.
(თუკი გამრავლების შეწყვეტას დაბერების ნიშნად ჩავთვლით),
კვლავ ახალგაზრდადებიან და გამრავლებადნი ხდებიან.

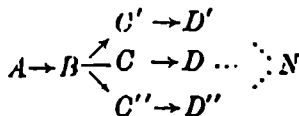
ამგვარად, ორგანიზმის (სისტემის) დაბერების მიზეზი არ არის
მისი კომპონენტების (უჯრედების) დაბერება. როგორც ჩანს, ამ
მოვლენას მიმართაც მოქმედებს ზევით გამოთქმული დებულება.
რომლის მიხედვით სისტემის კომპონენტების ქცევის კანონზომიე-
რებანი ონტოგენეზში შეიძლება განსხვავდებოდეს თვით მთლიანი
სისტემის ქცევის კანონზომიერებებისაგან (იხ. აქსიომა 4,2.4).
სხვაც რომ არ იყოს, სახეობის გადარჩენისა და ბიოლოგიური პრო-
გრესისთვის ორგანიზმის სიცოცხლის ხანგრძლივობას გენეტიკური
შეზღუდვა ხელსაყრელი როლი იქნებოდა — და არც გამტკიცდებო-
და ევოლუციის პროცესში. გასარკვევია, რა ბიოლოგიური აზრი
ჰქონდა „მოკვდავობის“ (სიკვდილიანობის) გენის გაჩენას? ყველაზე
ლოგიკურ მოსაზრებად ის უნდა ვიგულოთ, რომ უჯრედების გამ-
რავლების უნარის შეზღუდვა მთლიანი დედა ორგანიზ-
მის სიცოცხლის შედარებით მოკლე ხანგრძ-
ლივობისადმი შეგუებაა. მართლაც, უჯრედების ცალკე-
ული ჯგუფებს ჩვენი სამყაროს არსებობის ფარგლებში უსასრულო
გამრავლება ხშირ დისკორელაციებს და სისტემის ქვესისტემათა შო-
რის შეთანხმების დარღვევას გამოიწვევდა. შეიძლება გამოითქვას
მოსაზრება, რომ ავთვისებიანი ზრდის საფუძველს უჯრედების რაი-
მე ჯგუფის ამგვარი „უსასრულო“ გამრავლება წარმოადგენს. შე-
იძლება დავასკვნათ, რომ დაბერების მიზეზად ადაპტაციური დე-
ფიციტის აღიარება უსაფუძვლო არ არის და სამუშაო ჰიპოთეზად
შეიძლება იქნას გამოყენებული.

განვიტარებაზე ჩვენ უკვე ვისაუბრეთ 2.2 განაკვეთის გადმოცემისას, როდესაც მეორე აქსიომას ვიხილავდით. ამიტომ ამ განაკვეთს არაერთხელ დავიმოწმებ თხრობა რომ ხშირი გამეორებებით არ გადატვირთო. როგორც უკვე ითქვა, განვიტარება შეუქცევადი ხასიათის პროცესია, რომლის ეტაპები და მათი თანმიმდევრობა ცოტად თუ ბევრად მკაცრადაა პროგრამირებული. ბელოუსოვის მიბაძვით [იხ. 2] განვიტარება შეიძლება ისევე გამოვსახოთ, როგორც ქიმიკოსები ზოგადად გამოსახავენ ქიმიურ რეაქციებს, თუმცა ეს მხოლოდ გარეგანი მსგავსებაა. ამგვარი გამოსახულება შემდეგნაირია:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots \rightarrow N$$

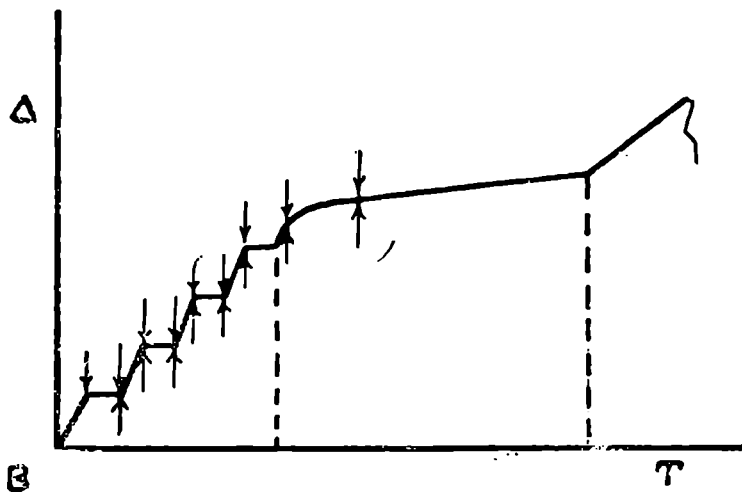
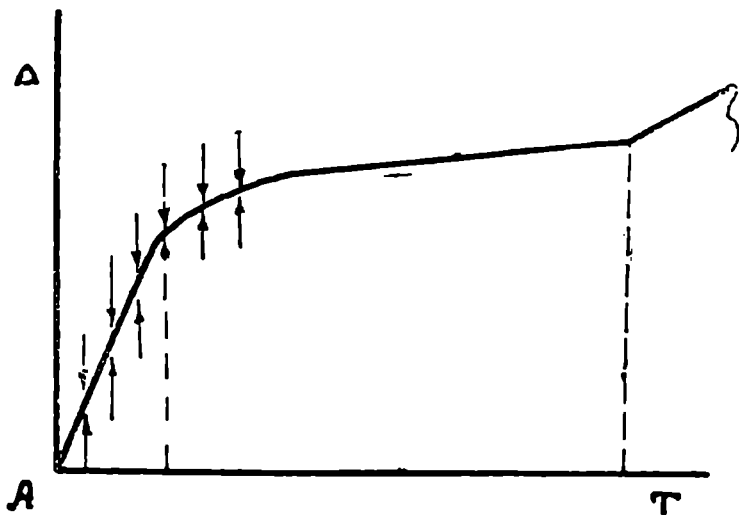
სადაც A, B, C, D... განვიტარების ეტაპებია, ხოლო N კი განვიტარების შედეგია, რომელიც ონტოგენეზის ზენიტს (იხ. 2.2) შეესაბამება. თუმცა ზენიტის გავლის შემდეგაც განვიტარება ფორმალურად იგივე ხასიათისაა და ეტაპების რიგით შეიძლება გამოიხატოს. მაგრამ განვიტარების ეს პერიოდი, თუ შეიძლება ასე ითქვას, „მინუს“ განვიტარების ანუ უარყოფითი განვიტარების ეტაპია, ხოლო მისი გარდაუვალი შედეგი კი სისტემის დაშლაა. ირკვევა, რომ ეტაპთა მოტანილი რიგის ციკლად შეკვრა შეუქლებელია. ამიტომ, როდესაც განვიტარების ციკლზეა ლაპარაკი, ეს *Contradictio in adjectio* გახლავთ. როგორც ჩანს, ლაპარაკი მხოლოდ სასიცოცხლო ციკლზე შეიძლება.

ზევით დაბეჭითებით აღვნიშნავდი, რომ „ეტაპები და მათი თანმიმდევრობა რომ ცოტად თუ ბევრად მკაცრად არის განსაზღვრული“, ამას უთუოდ თავისი აზრი ჰქონდა. საქმე ისაა, რომ ზოგიერთი სახეობის წარმომადგენლის განვიტარება შეიძლება რამდენიმე სხვადასხვა გზით წარიმართოს. ეს ე. წ. ალტერნატიული პროგრამებია, თუმცა განვიტარების შედეგი საბოლოოდ უცვლელი იქნება. ალტერნატიული პროგრამები შემდეგნაირად შეიძლება გამოისახოს:



უნდა გვახსოვდეს, რომ განვითარების ყველა ალტერნატიული ტრაექტორია გენეტიკურად განპირობებულია და პროგრამირებულია, თუმცა გარკვეულ „არჩევანს“ აძლევს სისტემას. თვით არჩევანი კი ე. წ. ეპიგენეტიკური მექანიზმების მოქმედების შედეგად ხორციელდება [39; 56; 57; 62; 66; 86]. ხშირად ტერმინს „ეპიგენეტიკური შემკვიდრება“ მსგავსი, მაგრამ სხვა აზრით ხმარობენ და ლიფერენცირებული უჯრედების მიერ ფენოტიპის შენარჩუნების მექანიზმით შემოფარგლავენ [39; 54; 68; 72; 95].

3.2.1. განვითარება და თვითრეგულირება. დროა განიმარტოს განვითარებისათვის დამახასიათებელი ერთი წინააღმდეგობაც: საქმე ისაა, რომ მე-2 თავში, კერძოდ კი 2,3 განაკვეთში, ვრცლად ვიმსჯელებთ რეგულაციაზე და სისტემაში ძირითადი პარამეტრების დაცვაზე. ყოველივე ამგვარის განსახილველად ჩემ მიერ გამოყენებული იყო ჰომეოსტაზის ცნება. ერთი შეხედვითაც კი ჩანს, რომ ჰომეოსტაზის ცნება განვითარებას ვერ მიესადაგება. განვითარება ხომ სისტემის მიერ სხვადასხვა მდგომარეობათა რიგის გავლას მოითხოვს. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ განვითარება ცვლილებათა განუწყვეტელ ჯაჭვს წარმოადგენს. თითქოს რეგულაციისა და ჰომეოსტაზის ცნებები აქ სრულიად შეუფერებელი და გამოსაყენებლად უხერხული უნდა იყოს. მაგრამ ინტუიციურად იგრძნობა, რომ რაღაც ინვარიანტობა, რომელიღაც პარამეტრის (ან პარამეტრების) უცვლელობა ცოცხალ სისტემას მაინც უნდა ახასიათებდეს. თუმცა ამ მოჩვენებითი წინააღმდეგობიდან გამოსავალს ზოგიერთი მკვლევარი ასე თუ ისე პოულობდა, საბოლოოდ პარამეტრების მუდმივობასა და განვითარებას შორის დამოკიდებულება პირველმა უოლინგტონმა ჩამოაყალიბა [57]. საკმაოდ აშკარაა, რომ ყოველი ცოცხალი სისტემის განვითარებას ახასიათებს ტრაექტორიის მუდმივობა. რადგანაც ტრაექტორიის ალტერნატიული გადახრებიც გენეტიკურად პროგრამირებულია, ჩვენს ამჟამინდელ მსჯელობაში ისინი შეიძლება დროებით უგულებელვყოთ. ტრაექტორიის მუდმივობის შენარჩუნებას უოლინგტონმა ჰომეორეზი უწოდა.



ნახ. 9. ცოცხალი სისტემის განვითარების ტრაექტორია. ორდინატა ღერძზე სისტემის მდგომარეობის ცვლილების ოდენობა — Δ — არის გადაზომილი, ხოლო აბსცისთა ღერძზე კი — დრო. ისრები ყოველი წერტილის მუდმივობის დამცველ სარეგულაციო მექანიზმებს გამოსახავენ. ჩასაკვირველია, ეს ისრე-

ცხადი არის, რომ ტრაექტორიის მუდმივობის დაცვისათვის რაღაც მექანიზმებიც უნდა არსებობდეს. იმისათვის, რომ ტრაექტორია მუდმივი იყოს, ყოველი მისი წერტილის მდებარეობის მუდმივობაც უნდა იყოს უზრუნველყოფილი. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ტრაექტორიის ყოველი წერტილი სარეგულაციო კონტურებით არის უზრუნველყოფილი. ეს ვითარება ნახ. 9-ზეა მოცემული (იხ. აგრეთვე [60]). ნახატიდან ისიც ჩანს, რომ ტრაექტორია შეიძლება სადა მრუდს არც წარმოადგენდეს, არამედ განვითარების ზოგიერთი ქვეტაპი ტრაექტორიის ამსახველ მრუდზე საფეხურებს ქმნიდეს.

3.2.2. განვითარება და ინფორმაციის ცვალებადობა. არსებითად ამ საკითხზე ჩვენ უკვე ბევრი ვისაუბრეთ. მე შევეცადე დამესაბუთებინა, რომ ონტოგენეზში სპეციფიკური ინფორმაცია უცვლელად შეიძლება ჩაითვალოს. თუკი ინფორმაცია ცოცხალ სისტემაში იცვლება, ამგვარი ცვალებადობა მხოლოდ ჰარბი ინფორმაციის ხარჯზე შეიძლება მოხდეს.

აუცილებლად მიმაჩნია აქ ა. ნეიფახის მოსაზრებების მოტანა. სხვაც რომ არ იყოს, ა. ნეიფახის ნაგულისხმევი ნაშრომი [37] უკანასკნელია მათ შორის, რაც კი ცოცხალი სისტემების ინფორმაციაზე გამოქვეყნებულა. არსებითად, ა. ნეიფახის დებულებები ჩემსას ადასტურებს. ნიშანდობლივია ამ მხრივ ნაშრომის განაკვეთი, რომელიც „კვერცხისა და ქათმის“ ინფორმაციას დაეთმო. ავტორის დასკვნის თანახმად ონტოგენეზის მანძილზე ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობა (მოცულობა) რამდენადმე არსებითად არ იცვლება და, ამრიგად, კვერცხისა და ქათმის ინფორმაციის ოდენობები არსებითად ტოლია. სამწუხაროდ, ნეიფახის მსჯელობაში გაუგებრობაც გვხვდება, რამაც შეიძლება ერთგვარი „თეორიული არეულობა“ გამოიწვიოს. ძირითადი ხარვეზი ა. ნეიფახის ნაშრომისა მდგომარეობს ინფორმაციის სხვადასხვა ფორმის არევისა და

ბი უფრო ხშირ-ხშირად უნდა ყოფილიყო დასმული როგორც *A*, ისე *B* ნახატზე, მაგრამ ეს ტექნიკურად ძნელი იქნებოდა. ვერტიკალური წყვეტილი ხაზებით ონტოგენეზის „საზენიტო“ პერიოდია შემოსაზღვრული. მას დაბერების პერიოდი მოსდევს.

A — ონტოგენეზის ტრაექტორია სადა მრუდითაა გამოსასული;

B — ონტოგენეზის ტრაექტორია საფეხურებიანი მრუდითაა წარმოდგენილი [58].

უგულებელყოფაში. ავტორი ხელაღებით აიგივებს ცნობის ინფორმაციას, სისტემის ინფორმაციას, სპეციფიკურ და ჯარბ ინფორმაციას. ჩაწერილი პროგრამის ინფორმაციას და ა. შ., თუკი კიდევ რაიმე დარჩა ჩამოსათვლელი. სწორედ ამან გამოიწვია მთელი რიგი გაუგებრობა.

უპირველეს ყოვლისა. ალბათ. უნდა გავისხენოთ უცნაური მტკიცება, რომ თითქოს ცოცხალი სისტემის მთელი ინფორმაცია დნმ-ს მოლეკულაებს უნდა მიეწეროს, ხოლო თვით ცოცხალი სისტემა ამ ინფორმაციის მრავალჯერადი გამეორებაა. ადარებს რა ქათმის კვერცხის დნმ-ს ზრდასრულ ქათამს, ა. ნეიფახი თვლის, რომ ქათმის კვებულება არცთუ ბევრად რთულია თვით დნმ-ს კვებულებაზე (ავტორის აზრით, არც არის უფრო რთული). ა. ნეიფახს, როგორც ჩანს, გამორჩა, რომ თუ სისტემის ინფორმაცია ლაპარაკი. ყოველ უჯრედში, როგორც სისტემაში, უსაფუოდ შედის მისი კომპონენტის, თუ შეიძლება ასე ეწოდოს, სისტემური (ანუ სასისტემო) ინფორმაცია. უკანასკნელი აღტურია სისტემის (ამ შემთხვევაში უჯრედის) დანარჩენი ნაწილის ინფორმაცია მამასადამე. ყოველი უჯრედის ინფორმაცია

$$H_C = H_D + H_C \cdot n \quad (16)$$

სადაც H_D — დნმ-ს მოლეკულების სასისტემო (ე. დნმ-ს მოლეკულების როგორც სისტემის) ინფორმაციაა, ხოლო $H_C \cdot n$ უჯრედის დანარჩენი ნაწილის ინფორმაცია. ამ მარტივი გამოსახულებიდან ჩანს, რომ დნმ-ს სისტემური (სასისტემო) ინფორმაცია ყოველთვის უჯრედის ინფორმაციაზე ნაკლებია. ამასთან, მოფუნქციონირე უჯრედის არც სტრუქტურა და არც ფუნქციური მანასიათებლები დნმ-ს მოლეკულების იმავე პარამეტრებზე, თუ მეტი არა. ნაკლებიც არ უნდა იყოს. მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის, რომ თვით დნმ თავისთავად პასიური და მეტად სტაბილური („გაყინული“) სტრუქტურაა, ხოლო სისტემის ინფორმაციის დნმ-ში ჩაწერილი პროგრამის ინფორმაციასთან შედარება არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება, რადგანაც ამგვარ შედარებისას ტრივიალურ პასუხს მივიღებთ, კერძოდ, რომ პროგრამის ინფორმაცია სისტემის ინფორმაციის ტოლია, რადგანაც სისტემა რეალიზებული პროგრამაა. აქედან გამომდინარე, დნმ-ს ინფორმაცია, როგორც სისტემისა, მუ-

დამ სრული ცოცხალი სისტემის, (რომლის კომპონენტიცაა დნმ), ინფორმაციაზე ბ ე ვ რ ა დ ნ ა კ ლ ე ბ ი უ ნ დ ა ი ყ ო ს.

შემდგომი საკმაოდ სადავო მტკიცება ეხება „ახალი ინფორმაციის აღმოცენებას“ ცოცხალ სისტემაში მის მიერ ონტოგენეზის გავლისას. თუმცა ა. ნეიფახის აზრით, ონტოგენეზის მანძილზე აღმოცენებული ახალი ინფორმაცია შეტად მცირეა, ის მაინც არსებობს. ა. ნეიფახი ამ ახალ ინფორმაციას მიაწერს ძირითადი გეგმისაგან იმ შემთხვევით გადახრებს, რომლებიც მუდამ ხდება ცოცხალ სისტემაში ანდა სტრუქტურულ თავისებურებებს, რომლებსაც სისტემის საერთო აღნაგობაში და ფუნქციონირებაში არავითარი (არაარსებითიც კი) წვლილი არ შეაქვთ. ასეთებია ერთკვერცხისეულ ტყუბებს შორის მცირედი განსხვავებები, ზოგიერთი წვრილი სისხლძარღვების განლაგება და სხვა. ამგვარ თავისებურებებს უამრავი ტოლფასი ალტერნატივა ახასიათებს, ე. ი. ყოველი არჩევანი ერთნაირად გამოადგება სისტემას. სწორედ ამის გამო, ამგვარი სხვაობების ინფორმაციული წვლილი ნულს უახლოვდება, რადგანაც მრავალ მიკრომდგომარეობას ამ შემთხვევაში ერთი და იგივე მაკრომდგომარეობა შეესაბამება. ამგვარი ინფორმაცია არამცთუ შეიძლება, არამედ აუცილებლად უნდა იყოს უ გ უ ლ ე ბ ე ლ ყ ო ფ ი ლ ი, რადგან მას თეორიული აზრი არ აქვს.

რაც შეეხება სისტემაში ახალი ინფორმაციის აღმოცენებას, ა. ნეიფახი ამ საკითხში ბრმად მისდევს კასტლერს და თვლის, რომ „ახალი ინფორმაციის შექმნის (ჩემ მიერაა ხაზგასმული — გ. თ.) ხერხი ჩვეულებრივად შემთხვევითი არჩევანის დამახსოვრება არის“ [38]; [23, 27—36]. აქ არც კასტლერის მსჯელობაა გასაგები. რადგანაც კასტლერი ახალი ინფორმაციის აღმოცენებას შეგნებულ, გონებისმიერ, თავისუფალ ნებელობასთან დაკავშირებულ და (უფრო გვიან) ინტუიციურ პროცესად თვლის [23], უნდა ვიფიქროთ, რომ იგი არა ობიექტური სისტემის ინფორმაციის, არამედ შემეცნების პროცესში ადამიანის მიერ. შექმნილ წარმოდგენათა სისტემაში ინფორმაციის აღმოცენებას გულისხმობს. მეორე მხრივ, კასტლერს იქვე მაგალითებად მოაქვს „მხატვრის, კომპოზიტორის ან პოეტის მიერ რაიმე ნაწარმოების შექმნა“ (23, 30). აქედან კი ნათლად ჩანს, რომ კასტლერი არ უარყოფს იმას, რომ სის-

ტემაში ინფორმაციის გაჩენა მხოლოდ მისი (ინფორმაციის) გარედან შეტანის გზით ხდება.

ამგვარად, ა. ნეიფახის მსჯელობისათვის კასტლერის ამგვარი დამოწმება გამოუსადეგარად უნდა მივიჩნიოთ, ხოლო თვით ა. ნეიფახის დასკვნები უფრო წინამდებარე ნაშრომში გამოტანილ დასკვნებს ადასტურებს.

როგორც უკვე ითქვა, ინფორმაციულ-პრეფორმისტული პიპოთეზი არ კრძალავს ინტოგენეზის მანძილზე ცოცხალ სისტემაში ქარბი ინფორმაციის ცვალებადობას, მაგრამ ამგვარი მსჯელობისას ინფორმაციის ფორმები მკვეთრად უნდა იყოს გამიჯნული ერთმანეთისაგან.

ვფიქრობ, რომ რაიმე სერიოზული არგუმენტები ჩვენი მეორე აქსიომის წინააღმდეგ ჭერჭერობით არ წამოყენებულა.

8.2.3. სისტემების თვითორგანიზაციის თეორია და ონტოგენეზი. თუ ზემოთ გადმოცემულ მსჯელობას და დასკვნებს დავაკვირდებით, ნათელი გახდება, რომ მთელი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაციის ცვლილებები განვითარების უშუალო სტიმული ვერ იქნება. საქმე ისაა, რომ თუკი ცოცხალი სისტემის სპეციფიკური ინფორმაცია ინვარიანტული სიდიდეა, ის ვერავითარ ცვალებადობის ტენდენციას ვეღარ განსაზღვრავს. ჩვენ მიერ მოწოდებული თეორიიდან სწორედ ის გამომდინარეობს, რომ განვითარება და, მაშასადამე, მდგომარეობათა ცვალებადობა, არ არის დაკავშირებული ცოცხალი სისტემის ჭამური სპეციფიკური ინფორმაციის ოდენობის ცვლილებებთან. თუ გავითვალისწინებთ ქარბი ინფორმაცია და სუმარული ინფორმაცია განვიხილოთ, მივიღებთ, რომ განვითარება სისტემის სუმარული ინფორმაციის გაზრდასთან არის დაკავშირებული. მაგრამ თავისუფალ და გარემოსაგან იზოლირებულ მოფუნქციონირე სისტემაში ინფორმაცია კლებულობს და არ იზრდება. ამგვარად, ვერც სუმარული ინფორმაციაა ცოცხალი სისტემების განვითარების სტიმული.

ქვემოთ შევეცდები დავასაბუთო, რომ ზოგიერთი ინფორმაციული ცვლილება მაინც შეიძლება მოქმედებდეს როგორც განვითარების სტიმულები, მაგრამ არის ის განვითარების ძირითადი მამოძრავებელი თუ არა, ძნელი სათქმელია.

არ არის გასაკვირი, რომ სხვადასხვა მკვლევრები განვითარების განმაპირობებელი სტიმულების ძიებას არ ეშვებიან და ამ გზაზე სხვადასხვა თეორიებიც კი იქმნება.

ნე. სილოთ ერთ-ერთი ამგვარი პიპოთეზა, რომელიც ერთგვარად ებიგიოეტიკურ მოსაზრებებს ესმიანება და განვითარების პრეტენზიონებს უარყოფს. პიპოთეზა ესება რენტგენის მსაღიანად. არამედ მსოლოდ მორლოგენეზს ანუ ორგანიზმის (ცოცხალ სისტემის) შედარებით მარტივი, სიმეტრიული, მდგომარეობიდან უფრო რთულ, დესიმეტრიზებულ მდგომარეობაში გადასვლას. [1] მოცემული პიპოთეზა ეყრდნობა შემდეგ წინამძღვრებს:

1. ე. წ. „დრიშის კანონის“ თანახმად. ნაწილის ბედ-იღბალი არ არის პრეფორმირებული და დამოკიდებულია მის მდებარეობაზე მთლიანში. ჩემი მიზანი არ არის დრიშის კანონის დაწვრილებით განხილვა, რაც ძალიან შორს წაგვიყვანდა. ამიტომ არ შევუდგები დეტალების გადმოცემას და მხოლოდ სეფასებს და დრიშის კანონის ზოგიერთი მხარის თაობაზე სხვადასხვა თვალსაზრისის კრიტიკულ დაპირისპირებას (მაგალითად. ათელის წერტილის შესახებ დავა). აქ საკმარისია ითქვას, რომ დრიშის კანონი ზოგადად სწორია და მას მიმართ პრეტენზიების გამოთქმა მართებული არ იქნებოდა.

მათემატიკიდან გადმოტანილი იდეების თანახმად, შეიძლება წამოყენებულ იქნას პიპოთეზები (მათ ხშირად თეორიებსაც უწოდებენ), რომლებიც აღიარებენ განვითარებად სისტემებში სტრუქტურის სპონტანური გართულების შესაძლებლობას. ამათგან ბოლო დროს უფრო ფენმოკიდებული ხდება ე. წ. დისიპაციური სტრუქტურების თეორია, რომელსაც მოკლედ გადმოვცემ. თეორია აღიარებს, რომ სპონტანური გართულებისათვის აუცილებელია ასევე სპონტანური (ე. ი. გარეშე პირობებისაგან დამოუკიდებელი) მდგრადობის აღმოცენება და შენარჩუნება. ამგვარი სისტემებისათვის დამახასიათებელია, რომ ისინი ენერგეტიკული თვალსაზრისით ღია სისტემებია. გარდა ამისა, სპონტანური გართულება მოითხოვს გარედან ენერგიის განუწყვეტელ შემოსვლას. რადგანაც ენერგიის ნაწილი ამგვარი სტრუქტურების აღმოცენებისას გაბნევას განიცდის, ამგვარ სტრუქტურებს დისიპაციური სტრუქტურები ეწოდა [3; 4; 8; 19; 20; 29; 63]. ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ დისიპა-

ციური სტრუქტურების თეორია სპონტანური გართულების თეორიაა და არ ვარაუდობს არაერთგვაროვანი გარემოდან სტრუქტურების „გადმობეჭდვას“. დისიპაციური სტრუქტურების აღმოცენების მოდელები ფიზიკო-ქიმიური ხასიათისაა. ყველაზე პოპულარული მათგან ტიურინგის მოდელია [109]. ხშირად იმოწმებენ ბელოუსოვ-ჯაბოტინსკის რეაქციასაც [8]. მოტანილ მოდელებზე დაყრდნობით ბოლო დროს შეიქმნა მორფოგენეზის რამდენიმე მოდელი, რომელთაც ცდებობს დაიყვანოს მორფოგენეზი საწყისი გვაროვანი მდგომარეობიდან სტრუქტურებად აღმოცენებაზე.

როგორც ბელოუსოვ-ჯაბოტინსკის რეაქცია, ისე ტიურინგის მოდელი ნივთიერებათა კონცენტრაციათა და მათი შეფარდებების მერყეობაზეა დაფუძნებული [2; 3; 4]. ხოლო ტიურინგის კონიშნულობას დიფუზიასაც ანიჭებს [109].

გამოსავალ მოდელებს აქ არ განვიხილავთ. ექვს არ იწვევს მკორექტულობა და გონებასახვილურობა. უდავოა ისიც, რომ მათ შეიძლება დიდი რეალური მნიშვნელობაც ჰქონდეს. სხვა საკითხია, რამდენად გამოდგება ნახსენები მოდელები და დისიპაციურ სტრუქტურათა თეორია ცოცხალი სისტემების ონტოგენეზური თეორიისათვის. ამის თაობაზე შეიძლება შემდგომი შენიშვნები გაკეთდეს.

უპირველეს ყოვლისა უნდა აღინიშნოს, რომ თვით პრეფორმიზმისა და პრეფორმირებულობის ცნების თაობაზე მეცნიერებაში დღესაც დიდი არეულობაა. თუ ლაპარაკი სტრუქტურების წინასწარ ურთიერთიწიყობაზეა, რასაც თავდაპირველად ქადაგებდნენ პრეფორმიზტები და რასაც შეიძლება გულუბრყვილო პრეფორმიზმი ვუწოდოთ, უნდა დავეთანხმოთ ყველა ავტორს, რომელიც პრეფორმიზმს უარყოფს. მაგრამ თანამედროვე ავტორთაგან ალბათ ცოტა თუ დაიცავს ამგვარ მიამიტ პოზიციას, თუმცა ერთგვარად გადასხნაფერებული სახით ის მაინც მოიხსენიება [3]. ექვი არ არის აგრეთვე, რომ ნაწილის ბედი თავისთავად პრეფორმირებული არ არის და მის მთლიანში მდებარეობაზე და მთლიანთან კონკრეტულ ურთიერთობაზეა დამოკიდებული. მაგრამ ალბათ ისიც უეჭველია და უდავო, რომ ყოველ მოცემულ შემთხვევაში, ინდივიდუუმის განვითარების შედეგი პრეფორმირებულია საწყის სტრუქტურებში — და გარეშე ზემოქმედებაზე მცირედაა დამოკი-

დებულები*. ალბათ დღესდღეობით მეცნიერების უმრავლესობა იზიარებს იმ აზრს, რომ ცოცხალი სისტემის საწყის სტრუქტურებში (კვერცხუჯრედი, განაყოფიერებული ან გაუნაყოფიერებელი კვერცხი, თუ სპერმატოზოიდს არ მივიღებთ მხედველობაში) პრეტორმირებულია ამა თუ იმ ცალარსის განვითარების (ონტოგენეზის) პროგრამა. ამგვარად, საკითხის ეს ნაწილი დაკვირვებული მსჯელობისა და გონიერი შეთანხმებისას ადვილად წყდება და დავას არ იწვევს.

უფრო რთულია საკითხის მეორე ნაწილი, რადგანაც ის ერთი შეხედვით ტრივიალურადაც კი შეიძლება მოგვეჩვენოს. როგორც უკვე ითქვა, დისიპაციური სტრუქტურების თეორია და მის საფუძველზე აღმოცენებული ახალი დარგი — სინერგეტიკა — საკმაოდ დაჟინებით ამტკიცებენ, რომ განვითარება მოუწესრიგებელი სისტემის მოწესრიგების პროცესს წარმოადგენს. უფრო მეტიც, რომ ინდივიდუალური განვითარება რაიმე უსტრუქტურო წარმონაქმნიდან სტრუქტურირებული და ორგანიზებული სისტემის აღმოცენებაა. ეს კი მთლიანად აბათილებს ჩემ მიერ მოწოდებულ მეორე აქსიომას (იხ. 2.2). ვფიქრობ, ეს წინააღმდეგობა უფრო საკმაოდ გავრცელებული გაუგებრობის შედეგია. მართლაც, ბიოლოგიური, ცოცხალი სისტემა მისი ონტოგენეზის არცერთ ეტაპზე არ არის არც უსტრუქტურო, არც მოუწესრიგებელი და არც არაორგანიზებული. ვფიქრობ, ეს აშკარა და თავისთავად ცხადი ფაქტია. საიდუმლო როდია, რომ კვერცხი რთულად სტრუქტურირებული და საკმაოდ ორგანიზებული სისტემაა. სპერმატოზოიდიც, თუმცა ბიოლოგიურად პასიური, მაგრამ სტრუქტურულად მკაცრი ორგანიზაციის მქონე სისტემაა. სხვა საკითხია, თუ რა წვლილი შეაქვს მას მომავალი ორგანიზმის ორგანიზაციაში. როგორც უკვე ითქვა (2.2), ონტოგენეზში ორგანიზაციის სიმალლის ზრდა კი არ ხდება, არამედ იდენტური ფუნქციური ელემენტების რიცხვის მატება. უკანასკნელი კი ჭარბი ინფორმაციის ზრდასთან არის დაკავშირებული, და არა სპეციფიკური ინფორმაციის მომატებასთან. როგორც უკვე ითქვა [იხ. 2.2], კარგად არის ცნობილი, რომ განვითარების ადრე-

* ეს დებულება იმთავითვე ჩამოყალიბდა ცოცხალი ორგანიზმების განვითარების ექვიფინალობის სახელწოდებით.

ულ ეტაპებზე ცხოველების ჩანასახები, ყველა თუ არა, მათი უმრავ-
ლესობა, თითქმის მთლიანად იზოლირებულია გარემოსაგან და
უმეტეს ნივთიერებისათვის შეუღწევადი.

გამონაკლისს არც ძუძუმწოვარა ცხოველები წარმოადგენენ. ამ-
გვარი იზოლაცია კი თავისთავად ორგანიზაციის საკმაოდ მაღალ
დონეს მოითხოვს. გარდა ამისა, ამგვარი გარემოსაგან განმხოლოე-
ბა პ ა ს ი უ რ ი ა დ ა პ ტ ა ც ი ი ს ე რ თ - ე რ თ ი ფ ო რ მ ა [იხ. 3.1].
თუმცა კი ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ სინერგეტიკის ბიოლოგიაში
გამოყენებისას უფრო ხშირად სისტემის სივრცობრივი გართულე-
ბა განიხილება, რის ორგანიზაციის ხარისხის ზრდასთან გაიგივება
მართებული არ არის.

ამგვარად, ვფიქრობ, დისიპაციური სტრუქტურებისა და სინერ-
გეტიკის ონტოგენეზის პროცესის ახსნისათვის ხელალებით მიზიდ-
ვა იმთავითვე მცდარია, რადგანაც არასწორ წანამძღვარს ემყარება.
სწორედ ამის გამო მიმაჩნია, რომ ჩვენი მეორე აქსიომა საკმარისად
დასაბუთებულია და მართებულია.

ამავე დროს სინერგეტიკის გამოყენება ონტოგენეზისა და მორ-
ფოგენეზის შესწავლისას გამორიცხული როდია. ცოცხალი ორგა-
ნიზმების განვითარების ზოგადი თეორიის შექმნისას სინერგეტიკა
შეიძლება გამოდგეს განვითარების სტიმულების გამორკვევისას,
რადგანაც სინერგეტიკა იხილავს „პროცესებს, რომლებიც რამდენ-
იმე ფაქტორის მოქმედების შედეგად აღმოცენდება, მაგრამ მათ
უპირალო სუპერპოზიციასზე არ დაიყვანება“ [4]. სინერგეტიკა, ამ-
გვარად, არ არის აუცილებლად დაკავშირებული ორგანიზაციის ხა-
რისხის შეტებასთან, არამედ სისტემაში რაიმე თვისებრივი სიახლის
გაჩენასთან. რადგანაც განვითარება სისტემის მდგომარეობათა
ცვლილებებთან არის დაკავშირებული. შესაძლებელია სინერგეტი-
კამ ამ დარგში სასარგებლო გამოყენება პოვოს. უნდა ითქვას,
რომ თვით სინერგეტიკის გულშემატკივრები ამ საკითხში საკმაოდ
დიდ სიფრთხილეს იჩენენ [7]. არა მგონია, ვინმემ ოდესმე შესძლოს
მთელი ონტოგენეზის ან თუნდაც მისი ადრე სტადიების თავისუფა-
ლი დიფუზიის პროცესზე დაყვანა. სხვათა შორის, შესაძლებელია
ონტოგენეზი არაწრფივი განტოლებებით აღიწერებოდეს, მაგრამ
მოვლენათა კონკრეტული მექანიზმები კი გაცილებით უფრო რთუ-
ლი, ან სრულიად სხვა იყოს, ვიდრე ამას დისიპაციურ სტრუქტურ-

რათა ჰიპოთეზა გეთავაზობს. როგორც ჩანს, სინერგეტიკას იგივე ნაკლი აქვს, რაც კლასიკურ თერმოდინამიკასაც ახასიათებს. მისი კანონები ზედმიწევნით ზოგადი ხასიათისაა, უნივერსალურია და ამის გამო ნაკლებად მოსალოდნელია, რომ მისი დახმარებით ბიოლოგიური სისტემებისათვის რაიმე სპეციფიკური დადგინდეს. ამავე დროს, თვითგანვითარებადი სისტემებისათვის საერთო და ერთიანი ენის შემოღება უსარგებლო არ უნდა იყოს. ამ მიმართების სინერგეტიკას ბიოლოგიაშიც გარკვეული პერსპექტივები უნდა ჰქონდეს.

4. ონტოგენეზური ინფორმაციული თეორიიდან გამომდინარე კიდევ რამდენიმე შედეგი

4.1. უჯრადების დიფერენცირება

უჯრედების დიფერენცირება თანამედროვე ბიოლოგიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა. ამ პრობლემისადმი ინტერესს ამძაფრებს ის, რომ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების უჯრედები, რომლებიც ერთი უჯრედის — ზიგოტის, ან სულაც გაუნაყოფიერებელი კვერცხის — შთამომავალნი არიან. ფენოტიპურად ძალიან განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. პრობლემის დაწვრილებით გაცნობისათვის მკითხველს მრავალი წყარო შეიძლება მიუთითოთ (მაგალითად, 2; 14; 55—60; 72; 85; 86). მაშ. უჯრედების დიფერენცირების განხილვისას ვაწყდებით მეტად უცნაურ ვითარებას: კერძოდ, უჯრედების სხვადასხვაგვარ ფენოტიპს ერთი და იგივე გენოტიპი შეესაბამება [72; 99; 58]. ამგვარი დასკვნა ზოგჯერ ახლაც სადავო ხდება, მაგრამ მეცნიერთა უმრავლესობა ამ დებულებას იზიარებს. ცხადია, უჯრედთა დიფერენცირების ყველა მხარის და ზოგადი თეორიის განხილვას რომ შეეუდგე, ამ პატარა ნაშრომის სახელწოდებაც სხვა უნდა ყოფილიყო. ძირითადი ყურადღება მიექცევა დიფერენცირების სტიმულებს. ასეა თუ ისე, უნდა გამოითქვას მოსაზრება იმის თაობაზე, თუ რა აიძულებს უჯრედს დიფერენცირება განიცადოს, ამით ჩემი ამოცანა გაიოლდება და მკითხველისთვისაც ადვილად გასაგებო გახდება. უჯრედების დიფერენცირებაზე ჩემი მოსაზრებები ცოტად თუ ბევრად სრულად უკვე გამოითქვა [56—60], მაგრამ სწორედ დიფერენცირების სტიმულები ჩემს წინა ნაშრომებში მხოლოდ გაკვრით იყო ნახსენები. ამასობაში ჩემი მოსაზრებების საწინააღმდეგო აზრები გამოითქვა [20], რასაც ცოტა ქვევით მოვიხსენიებ. სანამ ამ განაკვეთის ძირითად ნაწილზე გადავიდოდე, რამდენიმე წინასწარ შენიშვნაზე შეჩერდები.

4.2.1. უჯრედთა ლიფერენცირების განსაზღვრება. როგორც წესი, მოვლენის ან ცნების განხილვას მისი განსაზღვრებით იწყებენ, რაც ჩვეულებრივად, მეტად რთულია. არც უჯრედთა ლიფერენცირებაა გამონაკლისი. უჯრედთა ლიფერენცირების განსაზღვრება საკმაოდ მრავლად მოიპოვება. უმრავლესად უჯრედთა ლიფერენცირება განისაზღვრება, როგორც; 1. უჯრედთა შორის სხვაობათა (სტრუქტურული, ქიმიური, ფუნქციური და ა. შ.) აღმოცენება და 2. უჯრედების სპეციალიზაცია სხვადასხვა სასიცოცხლო ფუნქციის მიხედვით. ყოველ შემთხვევაში, თანამედროვე ფუნდამენტურ სახელმძღვანელოებში სწორედ ეს ორი განსაზღვრებაა შეტანილი [იხ. მაგ., 14; 15; 86]. ამ განსაზღვრებებს ერთი თეორიული ნაკლი აქვს. მათ მიხედვით ასე თუ ისე უჯრედთა ჯგუფების განხილვა გვისდება: პირველ შემთხვევაში მორფოლოგიურ და ქიმიურ განსხვავებებზე ვმსჯელობთ, ხოლო მეორე შემთხვევაში კი ფუნქციურ სხვაობებზე. თეორიის ერთ-ერთი საკმაოდ აშკარა მოთხოვნაა განვიხილოთ ლიფერენცირება როგორც ერთ რომელიმე ცალკე უჯრედში მიმდინარე პროცესი. წინააღმდეგ შემთხვევაში ლიფერენცირების განმარტობებელ სტიმულებზე ლაპარაკი პრინციპულად უაზრო იქნებოდა. ციტოლოგები ლიფერენცირების ზოგადი სტიმულების ბუნების განხილვას საერთოდ არიდებენ თავს; ჩვენთვის კი ეს აუცილებელია, რათა დავრწმუნდეთ (ან პირიქით), რომ ამ ნაშრომის წინა განაკვეთებში მოტანილი მოსაზრებანი და მოდელები რაიმე კონკრეტული შემთხვევისათვის შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

უჯრედების ლიფერენცირების განსაზღვრება როგორც მოვლენისა რთულია და აქ, წინასწარ შენიშვნებში, მხოლოდ მის საწყის ეტაპს მოვიყვან. საფუძვლად დავუდებ გრობსტეინის (85) საკმაოდ დიდი ხნის წინათ მოცემულ განსაზღვრებას, რომლის მიხედვით არსებობს ორი სახის ლიფერენცირება: 1. საკუთრივ ლიფერენცირება და 2. უჯრედების ლიფერენცირება ანუ ციტოდიფერენცირება. პირველი მდგომარეობს ორგანიზმში მისი განვითარების პროცესში არაერთგვაროვნების აღმოცენებაში, ხოლო მეორე კი, რაც ჩვენთვის განსაკუთრებით

საგულისხმოა, გამოიხატება იმ ცვლილებებში, რომლებიც მიმდინარეობს უჯრედებში ორგანიზმის განვითარების და მასში არაერთგვაროვნების აღმოცენების გზაზე. ალბათ მცდარი არ იქნებოდა გვეფიქრა, რომ არაერთგვაროვნება ორგანიზმში ძირითადად (თუ არა მთლიანად) ციტოდიფერენცირების ხარჯზე წარმოიქმნება და, ამგვარად, ორგანიზმის დიფერენცირება ციტოდიფერენცირების შედეგია. რაკი ორგანიზმის დიფერენცირება საგანგებოდ განხილული არ იქნება, სიმოკლისათვის სიტყვას „დიფერენცირება“ მხოლოდ ციტოდიფერენცირების (უჯრედთა დიფერენცირება-ს) მნიშვნელობით ვიხმარ. აქვე უნდა დაეძინოთ. რომ დიფერენცირების განსაზღვრებას ჩვენ დაუბრუნდებოთ ამ მოვლენის ღურო დაწვრთვებით განხილვისას.

4.2.2. ერთუჯრედიანი ორგანიზმის დიფერენცირება. ადვილი შესამჩნევია, რომ ყველა ზემოთ მოყვანილი განსაზღვრებიდან გამომდინარე, დიფერენცირება მხოლოდ მრავალუჯრედიან ორგანიზმს შეეძლება. მართლაც, საბოლოო ჯამში საქმე დაიყვანება ან ერთი ორგანიზმის უჯრედების სხვაობაზე ან, რაც ჩვენ უფრო მოსახერხებლად მივიჩნიეთ, მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის უჯრედებში მიმდინარე პროცესებზე. მიუხედავად ამისა, ზოგი ავტორი ტერმინს „დიფერენცირება“ ერთუჯრედიანი ორგანიზმის მიმართაც ხმარობს, რადგანაც, რაც უდავოა, მისი სასიცოცხლო ციკლის გავლისას მასში ეტაპობრივი ცვლილებები ხდება [მაგ 67]. ამგვარი მიდგომა სწორი არ უნდა იყოს თუნდაც იმიტომ, რომ ერთუჯრედიანი ორგანიზმის განვითარებისას რეალიზაციას განიცდის მისი სრული გენეტიკური პროგრამა, მაშინ როდესაც მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის უჯრედს დიფერენცირებისას რეალიზაციას განიცდის ორგანიზმის მთელი გენეტიკური პროგრამის მხოლოდ მცირე ნაწილი.

თავისებურად დააყენეს საკითხი ჰემმა და ვეომეტმა. (86) საერთო ავტორობით გამოსულ შესანიშნავ წიგნში. მათ სულ სხვა დებულება მიიღეს უჯრედთა დიფერენცირების ზოგად განსაზღვრებად. როგორც უკვე ითქვა (იხ. 4.1), მეცნიერთა უმრავლესობა იზიარებს იმ აზრს, რომ უჯრედთა დიფერენცირების ყველაზე შესანიშნავი თვისება ის არის, რომ სხვადასხვა ფენოტიპებს ერთი და იგივე გენოტიპი შეესაბამება.

თუ ამგვარი განსაზღვრება მივიღეთ, შეიძლება ერთუჯრედიანებშიც გამოინახოს მაგალითები, რომლებიც დიფერენცირებას მოგვავაონებს. პირველ მაგალითად ავტორებს *Bacillus subtilis** სპორულაცია მოყავთ. მართლაც, ბაქტერიის სპორასა და არასპოროვანი ფორმის, გენოტიპის იგივეობის მიუხედავად, სხვადასხვა ფენოტიპები აქვთ**. მეორე მაგალითად მოტანილია მალარიის პლაზმოდუიმის სასიცოცხლო ციკლი, რომელიც ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე სხვადასხვაგვარ ფენოტიპს გამოავლენს, მაშინ, როდესაც გენოტიპი, ცხადია, უცვლელი რჩება.

ასევე შეიძლება ითქვას, რომ მალარიის პლაზმოდუიმის მაგალითი, და ყველა რთული სასიცოცხლო ციკლის მქონე ერთუჯრედიანის მაგალითი. საკმაოდ უსუსურია. მართლაც, ყველა ეს ორგანიზმი სასიცოცხლო ციკლის ეტაპობრივად გავლისას ახორციელებს თავის სრულ გენეტიკურ პროგრამას. ამავე დროს უჯრედის დიფერენცირების გზაზე ყოველთვის და გარდაუვალად რეალიზაციას მხოლოდ მცირე ნაწილი განიცდის: ბაქტერიების სპორულაციის მაგალითი უჯრედების დიფერენცირებას უფრო უახლოვდება. მაგრამ აქაც მოიძებნება საწინააღმდეგო საბუთები: 1. ნორმალურ პირობებში (ე. ი. ისეთ პირობებში, რომელთა განხორციელების ალბათობა მაქსიმალურია) სპორა მაინც უნდა გადავიდეს არასპოროვან გამრავლებად ფორმაში — და მაშასადამე, აქაც სრული გენეტიკური პროგრამა უნდა განხორციელდეს; 2. სპორების წარმოქმნა ან არწარმოქმნა მთლიანად გარემოზეა დამოკიდებული. ხელსაყრელ პირობებში სპორულაცია არც მოხდება.

დაახლოებით იგივე შეიძლება ითქვას ბაქტერიების კოლონიების S და R ფორმებზეც. ამ ფორმების წარმოქმნაც ძირითადად გარემოს პირობებზეა დამოკიდებული, ხოლო ერთი ფორმიდან მეორეში გადასვლა შეიძლება არც მოხდეს. ეს უფრო — განვითარების ალტერნატიული პროგრამებია. უჯრედთა დიფერენცირება კი ხისტად არის პროგრამირებული და გარეშე ნემოქმედებისაგან დამოუკიდებლად ხორციელდება. შესაძლოა დი-

* ამგვარ მაგალითად სხვა მრავალი ბაქტერიაც გამოდგებოდა, რადგანაც სპორების წარმოქმნის უნარი მათაც აქვთ.

** ამის მსგავსი მოვლენა ბაქტერიების ერთი და იგივე შტაბის მიერ სხვადასხვა ფორმის — სადა (S) და ხორკლიანი (R) — კოლონიების წარმოქმნა, აქაც ერთსა და იმავე გენოტიპს სხვადასხვა ფენოტიპები შეესაბამება.

4.3.1. უკრადული გზა (დიფერონი) და დიფერენცირების კიდევ ერთი განსაზღვრება. რომელიმე მოვლენის მეტ-ნაკლებად განხილვისათვის ძალზე მოსახერხებელია მისი ფორმალიზაცია, ე. ი. მისი გამოხატვა ისეთი სახით, რომელიც მისი ანალიზის საშუალებას მოგვცემდა. ჩვეულებრივ მოვლენის ფორმალიზაცია, ანუ მისი რალაც ზოგად ფორმალურ სახემდე დაყვანა, ორი გზით ხდება. ეს ან მისი რაიმე მათემატიკური ფუნქციური დამოკიდებულების სახით გამოსახვა ან მოვლენის გრაფიკული მოდელირება. აქვე უნდა ითქვას, რომ გამოსახვის მეორე — გრაფიკული. — სახეც რაოდენობრივ დამუშავებას ექვემდებარება.

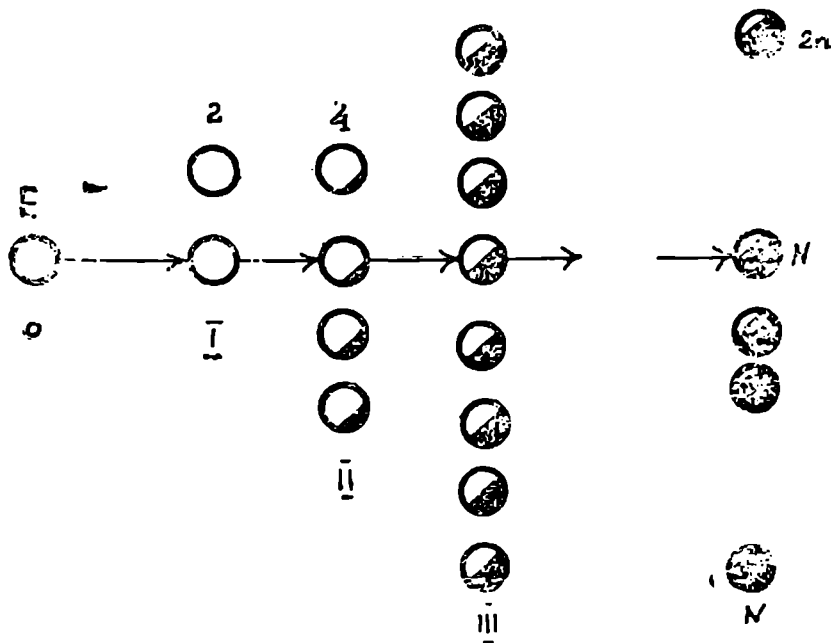
აქვე აღენიშნავ, რომ უკრადების დიფერენცირების გრაფიკული გამოსახვა და მისი გრაფიკული მოდელის ზოგიერთი თვისების გამოვლენა პირველად ჩემსა და ჩემი თანამშრომლების მიერაა განხორციელებული [56—60]. მოვლენის სირთულის გამო დიფერენცირების პროცესი ვერ გამოიხატება რომელიმე ერთი გრაფიკით. მის გამოსახატავად გრაფიკების ჯგუფი დაგვიკირდება.

სიმარტივისათვის პირველად განვიხილოთ უკრადის დიფერენცირება უკრადთა ერთი ტიპის ფარგლებში. როგორც ჩანს, ცოტად თუ ბევრად მტკიცედ დადგენილი ფაქტები შემდეგ სქემას ეთანხმება (ნახ. 10).

უპირველეს ყოვლისა, ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ დიფერენცირება უკრადების რამდენიმე (N) თაობას მოიცავს. N -ის მნიშვნელობა სხვადასხვა ტიპის უკრადებისათვის შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ერთი ტიპის უკრადების დიფერენცირების განხილვისას ჩვენ მივიღებთ უკრადების თაობათა რიგს: ამ რიგში ყოველი მომდევნო წევრი უმრავლესად წინამორბედი წევრის გაყოფის შედეგია. ის გარემოება, რომ დიფერენცირების ზოგიერთი ეტაპი უკრადების გაყოფის გარეშე ხორციელდება, ჩვენს მსჯელობაში არაფერს ცვლის და მოდელის აგებისას შეიძლება უგულებელყოფილ იქნას. მართლაც, სქემაში იმის შეტანა შეიძლებოდა უკრადთა (რგოლების) თაობის სახით, რომელთა რიცხვი წინამორბედი თაობის წევრთა რიცხვისაგან არ განსხვავდება, ხოლო მათი

გაშავებული ფართი წინამორბედზე უფრო დიდია. ცხადია, ზოგად სქემაში ეს არაერთარ ცვლილებას არ შეიტანს.

ნახ. 10-ზე მოცემული სქემის განხილვისას კარგად ჩანს, რომ დიფერენცირების პროცესში ყოველი უჩრდელი გარკვეულ გზას



ნახ. 10. ერთი ტიპის უჩრდეების დიფერენცირების გრაფიკული გამოხატულება.

ნახატზე გამოსახულია ე. წ. უჩრდელი გზა (დიფერონი). შავი უბნების ფართობის სიდიდე შეესაბამება წინაპარი უჩრდელისაგან მოცემულ საფეხურზე მყოფი უჩრდელის განსხვავების ხარისხს; სხვანაირად რომ ვთქვათ, განსხვავების ხარისხს, რომელიც აღმოცენდა იდეალურ ჩანსააქოვან უჩრდელსა (E) და მომდევნო თაობების (I—N) უჩრდეებს შორის.

გაივლის. ეს გზა წინაპარი უჩრდელით იწყება. მთელი დიფერენცირების გზა შეიძლება გამოისახოს მონაკვეთით, რომლის საწყისი წერტილი წინაპარი უჩრდელი იქნება. რაც უფრო მეტად იქნება უჩრდელი დიფერენცირებული, მით უფრო მეტია მის მიერ განვლილი

გზის მონაკვეთი. სხვანაირად რომ ვთქვათ, უჯრედის დიფერენცირების ხარისხი ჩვენ შეგვიძლია გამოვხატოთ მის მიერ გავლილი გზის მონაკვეთის სიგრძით, ხოლო განვლილი მონაკვეთის სიგრძით კი წარმოდგენილი იქნება უჯრედის მიერ განვითარების პროცესში მას წინაპარ უჯრედისაგან განსხვავებებს სიდიდე. რომელიმე მან დააგროვა მოცემულ დროში. დიფერენცირების მთელ გზას მისი ნეკლოვანი წერტილიდან მის ბოლომდე უჯრედული გზა შეიძლება ეწოდოს. ამავე ცნების აღსანიშნავად შეიძლება ვისმართო დოგელის, ნიუშისა და მატალის [110] მიერ შემოტანილი ტერმინი დიფერონი*, თუკი მას პირვანდელ მნიშვნელობას ოდნავ შეეუცვლით**. ორივე აქ მოწოდებული ტერმინი ერთნაირად მისაღებად მიგვაჩნია, თუმცა ტერმინს „დიფერონი“ უფრო საერთაშორისო ელერადობა აქვს.

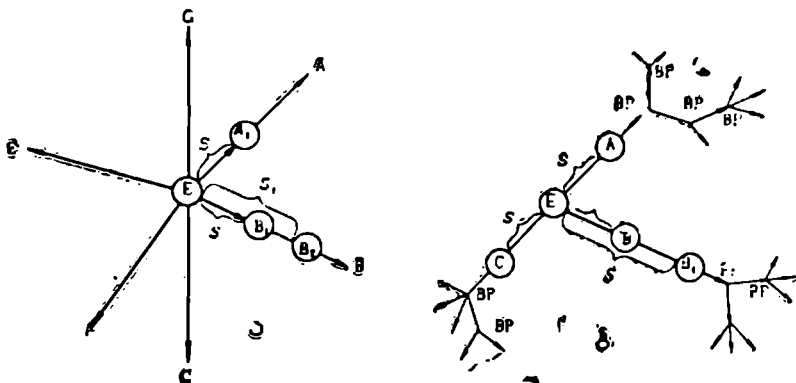
როგორც უკვე ითქვა, დიფერენცირების ზოგიერთი ეტაპი უჯრედების გაყოფის გარეშე მიმდინარეობს. ამის მაგალითებია ნაწლავის კრიპტის, სისხლის ფორმირების ელემენტების, ნერვული უჯრედის და ა. შ. დიფერენცირების ბოლო ეტაპები. ეს ჩვენს სქემაში არაფერს ცვლის, რადგანაც მოცემულ სქემაში მთავარია მოცემული უჯრედის მიერ წინაპარი უჯრედისაგან განსხვავების დაგროვება და არა მისი გაყოფა ან არგაყოფა.

მოცემული სქემიდან, დიფერენცირების რაოდენობრივი მასალათებლების დადგენასთან ერთად, დიფერენცირების კიდევ ერთი განსახსლვრება გამომდინარეობს. სახელდობრ, უჯრედის დიფერენცირება წარმოადგენს მის მიერ წინაპარი უჯრედისაგან განსხვავებათა დაგროვების პროცესს.

* მსეფელობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ თავის დროზე ნიკტონმა და გოდემ [95] ტერმინი — „დიფერონი“ არსებითად სხვა მნიშვნელობით გამოიყენეს. რაც ერთგვარად ზღუდავს ამ ტერმინის წინასწარი განმარტების გარეშე გამოყენებას.

** აქ ნახსენები ავტორები დიფერონად თვლიან გზას რომელიმე დერე უჯრედიდან მოცემულ დიფერენცირაციის რიგის ტერმინალურ ადგომარეობამდე. თუ გაითვალისწინებთ, რომ წინაპარი უჯრედი, თუ შეიძლება ასე ითქვას. „უნივერსალური დერე უჯრედი“, ტერმინის აქ ნაგულისხმევი მნიშვნელობით გამოყენება უფლებამოსილად უნდა ჩავთვალოთ.

4.3.2. უჯრედის დიფერენცირების მიმართულება. კარგადაა ცნობილი, რომ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმი მრავალი ტიპის უჯრედისაგან შედგება. უჯრედები არა მარტო გადაინაცვლებენ უჯრედული გზის გასწვრივ, არამედ წარმოშობენ ცალ-ცალკე ჯგუფებს, რომლებიც ერთმანეთისაგან სულ უფრო და უფრო განსხვავებულნი ხდებიან ორგანიზმისა და უჯრედების დიფერენცირების პროცესში. ცხადია, რომ დიფერენცირება ხასიათდება არა მარტო ხარისხით (რაოდენობრივი მახასიათებლით), რაც უჯრედის მიერ გავლელი



ნახ. 11. სქემა, რომლიდანაც კარგად ჩანს, რომ ნებისმიერი უჯრედის დიფერენცირება შეიძლება ვექტორად იყოს აღიარებული.

ა — გამარტივებული სქემა, საიდანაც კარგად ჩანს, რომ სხვადასხვა დიფერონით და, მაშასადამე, სხვადასხვა მიმართულებით. მოძრავი უჯრედები (A_1 და B_1) შეიძლება დროის მოცემულ მომენტში ერთნაირად იყენენ დიფერენცირებულნი: ორივე უჯრედი ნულოვან წერტილს (E — იდეალური ჩანასახოვანი უჯრედი) S მანძილითა დაცილებული. ბ — სქემა ნაკლებად გამარტივებული და რეალობას უფრო უახლოვდება. მასზე კარგად ჩანს დიფერენცირების დიფერენტული ხასიათი. BP — დიფერონების დატოტიანების წერტილებია. ალბათ უნდა მივიღოთ, რომ დატოტიანების წერტილებში მყოფი უჯრედები (სქემაზე არ არის დატანილი) ღერო უჯრედებია.

დიფერონის მონაკვეთის სიგრძით გამოისახება, არამედ თავისი ტიპობრივი თვისებებითაც (თვისებრივი მახასიათებელი), რომელიც ამა თუ იმ დიფერონის ანუ უჯრედული გზის მიმართულებით შეიძლება გამოიხატოს. მაშასადამე, დიფერენცირება

შეიძლება გამოისახოს „ნულოვანი წერტილიდან“ რადიალურად გამოშვებული უჯრედთა სხვადასხვა ტიპის შესაბამისი დიფერონებით (იხ. ნახ. 11). ამგვარად, დიფერენცირება შეიძლება მიღებულ იქნას ვექტორად, რომელსაც როგორც სიდიდე, ისე მიმართულებაც აქვს. ნახ. 11-ზე მოცემული სქემის მიხედვით ერთი და იგივე ხარისხით დიფერენცირებული უჯრედები შეიძლება უჯრედების სხვადასხვა ტიპს და, მაშასადამე, სხვადასხვა დიფერონს ეკუთვნოდეს. ნულოვანი წერტილიდან გამოსული დიფერონები თანდათან უფროდაუფრო იტოტებიან — დიფერენცირებას დივერგენტული ხასიათი აქვს. ამ გარემოებას ჩემამდეც მრავალი ავტორი აღნიშნავდა (იხ. მაგ. [93]). უჯრედული გზების დატოტიანების წერტილები, როგორც ჩანს, სხვადასხვა სახის ღერო უჯრედებს უნდა შეესაბამებოდეს.

როგორც მოწოდებული სქემებიდან ჩანს, უჯრედს დიფერონის დასაწყისში, ე. ი. იმ ნაწილში, რომელიც „ნულოვან წერტილთან“ უფრო ახლო მდებარეობს, აქვს გარკვეული, შედარებით „ფართო“ არჩევანი. მისი არჩევანთა რიცხვი საკმაოდ დიდია. დიფერენცირებისას არჩევანთა რაოდენობა მცირდება, თვით არჩევის უნარიც ვიწროვდება. რაც უფრო დიფერენცირებულია უჯრედი, მით უფრო ნაკლები მიმართულების არჩევის შესაძლებლობა აქვს მას. თავის დროზე საკუთარი გზის არჩევის უნარს, გამონატულს ასარჩევი მიმართულების რაოდენობით, რომელთაგანაც უჯრედს შეუძლია აირჩიოს საკუთარი გზა, მე უჯრედის კომპეტენცია ვუწოდებ [58]*. რამდენადაც უჯრედის კომპეტენცია განიზომება ალტერნატიულად ასარჩევი გზების რიცხვით, თავისთავად ცხადია, რომ უჯრედის კომპეტენცია დიფერენცირების გზაზე მცირდება. ამასთან, რაც უფრო დიფერენცირებულია უჯრედი, მით უფრო მცირეა მისი კომპეტენცია. უჯრედების კომპეტენცია მათ დიფერენცირებულ ტერმინალურ ფაზაში სრულიად ამო-

* როგორც ცნობილია, ტერმინი — „კომპეტენცია“ პირველად უოდინგტონმა შემოიღო. ამ ავტორმა ის ჩანასახოვანი ნერგების მიმართ იხმარა და გულისხმობდა ნერვის უნარს — რაიმე ინდუქციურ გავლენას დაექვემდებაროს (კომპეტენტური ექტოდერმა და ა. შ). ამის საპირისპირო კი პროსპექტიულობის ცნებაა [61]. ვფიქრობ, ჩვენს მიერ ამ ტერმინის სხვა აზრით გამოყენება არაერთარ აღრევას არ გამოიწვევს.

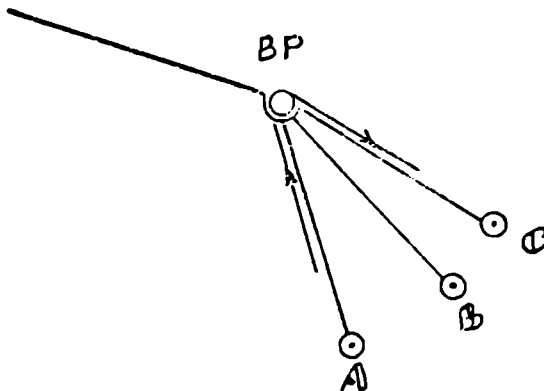
წერულია და უკრედს არავითარი ალტერნატიული არჩევანის საშუალება აღარ რჩება. კომპეტენციის შემცირება უკრედის დიფერენცირების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი თავისებურებაა.

უკრედს იშვიათ შესაბამის პირობებში შეუძლია ერთი დიფერონიდან მეორე დიფერონზე გადასვლა. ამ მოვლენას თუმცა მცირე ალბათობით, მაინც აქვს ადგილი რეალურ პირობებში. ამის მაგალითია თვალის პიგმენტური ეპითელიუმის ბადურის უკრედებად გადაქცევა. შენიშნულია აგრეთვე ბადურის უკრედების პიგმენტურ უკრედებად გადაქცევა. ფართოდ არის ცნობილი კუდიანი ამფიბიების ფერადი გარსის პიგმენტური ეპითელიუმის უკრედების ბროლის უკრედებად გარდაქმნა, მცენარის ცალკეული უკრედის მთელ მცენარედ გადაქცევა და სხვა. უკრედის ერთი უკრედული გზიდან მეორეზე გადასვლას ანუ სადიფერენციაციო ტიპის შეცვლას, სხვადასხვა სახელს უწოდებენ (ტრანსფორმაცია, დედიფერენცირება, მეტაპლაზია), მაგრამ მე საუკეთესოდ საერთაშორისო ლიტერატურაში დამკვიდრებული — ტ რ ა ნ ს დ ი ფ ე რ ე ნ ც ი რ ე ბ ა მიმანია. ტრანსდიფერენცირებას ყოველთვის წინ უძღვის უკრედის უკრედული გზით (დიფერონით) უკან დაბრუნება ანუ დედიფერენცირება. ტრანსდიფერენცირებისათვის აუცილებელია უკრედი, დიფერონის სულ თავში თუ არა, მისი დატოტიანების ადგილამდე მაინც მივიდეს, რაც ნახ. 12-ზეა გამოსახული.

4.3.3. დიფერენცირების „ნულოვანი წერტილი“. თუ რომელიმე კონკრეტული ცოცხალი სისტემა განვიხილეთ, ადვილად მივალთ იმ დასკვნამდე, რომ ყველა ტიპის უკრედს მოცემულ სისტემაში საერთო სადიფერენციაციო ნულოვანი წერტილი აქვს. სქემატურად ის შეიძლება გამოისახოს როგორც ცენტრში მდებარე წერტილი, რომლიდანაც რადიალურად დიფერონები გამოდიან. ამგვარი სქემა ნახ. 11-ზეა მოცემული.

ფორმალურად ამგვარ საერთო წინაპრად შეიძლებოდა ზიგოტა (ან, პართენოგენეზური განვითარების შემთხვევაში, აქტივირებული კვერცხი) მიგვეჩინა. ამგვარი შეხედულება საკმაოდ გავრცელებულია [3; 100; 102]. მის თანახმად, ზიგოტას გარდა, ყველა უკრედი ცოტად თუ ბევრად დიფერენცირებულია. ამ თვალსაზრისის რამდენიმე ნაკლი აქვს: ა) ის მეტად ტრივიალურია და არ შეიცავს არავითარ ცნობებს, რომლებიც თეორიულ შესაძლებლობას მოგვცემ-

და ერთმანეთისგან გაგვერჩია დიფერენცირებული და არადიფერენცირებული უჯრედები: ბ) ზიგოტა თავისთავად ორი ტერმინალურად დიფერენცირებული უჯრედის შერწყმის შედეგია, რაც წინააღმდეგობრივ ვითარებას გვიქმნის. პართენოგენეზური განვითარების შემთხვევაში კიდევ უფრო დაძაბული მდგომარეობა იქმნება — გაუნაყოფიერებელი კვერცხი ტერმინალურად დიფერენცირებული უჯრედია, ხოლო აქტივაციის უნარი მისი დიფერენცირების ფუნქციური გამოვლენაა.



ნახ. 12. ტრანსდიფერენცირების სქემატური გამოსახულება. ერთი დიფერონიდან (A) მეორეზე (C) გადაასვლელად უჯრედი უსათუოდ უნდა დაბრუნდეს დიფერონის დატოტიანების ადგილას (BP), განიცადოს დედიფერენცირება, და დატოტიანების წერტილის გავლით გადავიდეს ახალ დიფერონზე (უჯრედის გზა ისრით არის ნაჩვენები).

ამგვარ წინააღმდეგობათა ხლართიდან თავის დასაღწევად თავის დროზე [იხ. 57—57] წამოვყეენე მოსაზრება, რომლის თანახმად სავსებით არადიფერენცირებულ უჯრედად (და ამავე დროს დიფერენცირების „ნულოვან წერტილად“) მიღებულ იქნა ისეთი უჯრედი, რომელსაც უნარი აქვს ტოლალბათად გადაიქცეს ნებისმიერი, მოცემული ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი, ტიპის უჯრედად. ცხადია, ამგვარი ტოლალბათობა პირობითია. ასე, მაგალი-

თად, ექტოდერმის ყოველი უჯრედის ნერვულ უჯრედად გადაქცე-
ვას უფრო მეტი ალბათობა აქვს, ვიდრე ენტოდერმის უჯრედს.
ჩემს აქ მოტანილ დებულებაში ნაგულისხმევია მხოლოდ ის, რომ
უჯრედის შემდგომი ბედ-იღბალი მთლიანად მისი ჩანასახში მდებარეობით განისაზღვრება და ე. წ. თვითლიფერენცირების უნარი სრულიად არ გააჩნია. ამგვარ უჯრედს სრული კომპეტენცია ექნება (იხ. 4. 3. 2). ორი გარემოებაა საყურადღებო: ა) ლიფერენცირების გზაზე უჯრედის რომელიმე ერთ ტიპად გადაქცევა სულ უფროდა-
უფრო ალბათი ხდება, უჯრედის კომპეტენცია თანდათან ვიწროვდება, როგორც ეს წინა განაკვეთშიც უკვე ითქვა; ბ) სხვადასხვა სახეობისათვის „ნულოვან წერტილს“ სხვადასხვა უჯრედები შეესაბამება. ამაში ადვილად დავრწმუნდებით, თუ მოზიკური და რეგულაციური ჩანასახების ბლასტომერები და ბლასტულის უჯრედები შევადარეთ ერთმანეთს.

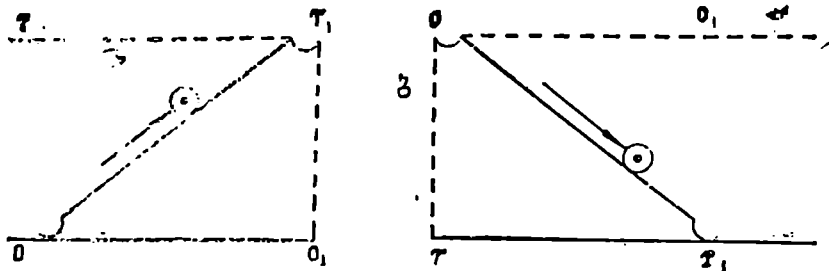
ამგვარად, ლიფერენცირების ნულოვან წერტილს შეესაბამება არა განვითარების რაიმე გარკვეულ ეტაპზე მყოფი ჩანასახის უჯრედი, არამედ უჯრედი, რომელიც გარეშე და შინაგან ვითარებაზე დამოკიდებულებით ტოლალბათად შეიძლება გადაიქცეს მოცემული ორგანიზმის ნებისმიერი ტიპის უჯრედად. ამგვარი უჯრედი სავსებით არადიფერენცირებულია და მას შეიძლება ი დ ე ა ლ უ რ ი ჩ ა ნ ა - ს ა ხ ო ვ ა ნ ი უ ჯ რ ე დ ი ვ უ წ ო დ ო თ .

4. 4. ლიფერენცირების სტიმულაჟი: უჯრედის მდგომარეობის სტაბილუობა (მდგრადობა) და ლიფერენცირების კრიტიკული წერტილი

ეს საკითხები შეიძლებოდა ცალ-ცალკეც გაგვეხილა, მაგრამ როგორც დავინახეთ, მათ შორის კავშირი ძალზე მჭიდროა და მათ გაერთიანებასაც ლოგიკური აზრი აქვს.

4.4.1. ლიფერენცირების სტიმულაჟი. ჩვეულებრივად ითვლება, რომ უჯრედის ლიფერენცირება მისი სტრუქტურული და ფუნქციური გართულების პროცესია. აქედან გამომდინარე კი უჯრედის ლიფერენცირება უჯრედზე განსაკუთრებული ძალების (სტიმულების) მოქმედებას მოითხოვს. ეს აზრი საგანგებოდ არასოდეს ჩამოვალბებულა, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ძალიანაა გავრცელებული თანამედროვე მეცნიერებაში. მის არაპირდაპირ გამოხატულებას

ჩვენ უკვე შევხვდით ზევით მოტანილ ა. ზოტინის, ე. პროკოფიევისა და რ. ზოტინის ნაშრომში [21], სადაც უჯრედის დიფერენცირებისას ორგანიზაციის დონის ამალგება იყო აღიარებული. ამგვარი მოსაზრებები სხვაგანაცაა გამოთქმული. თუ ეს ასეა, დიფერენცირების გზაზე უჯრედზე მულტიპლად უნდა მოქმედებდეს რაიმე სტიმული ან სტიმულთა ჯგუფი. ამასთან, უჯრედში გარემოდან უნდა შედიოდეს ენერჯის და, რაც ჩვენთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, ინფორმაციის დიდი რაოდენობა. სქემატურად აქ აღწერალი მდგომარეობა შეიძლება გამოვსახოთ დახრილ სიბრტყეზე აგორებული ბურთულის სახით (ნახ. 13).



ნახ. 13. დახრილი სიბრტყის მოდელის ორი ვარიანტი. ა — უჯრედის დიფერენცირება მიმდინარეობს მასზე დიფერენცირების მთელ გზაზე მოქმედი სტიმულის გავლენით; ბ — უჯრედი თავისუფლად „მოგორავს“ დახრილ სიბრტყეზე; უჯრედის დიფერენცირება ყოველგვარი სპეციფიკური სტიმულის გარეშე ხდება და განპირობებულია უჯრედის მაქსიმალური დიფერენცირების მდგომარეობისაკენ სწრაფვით.

ამ საკითხის ხელახლა განხილვის თავიდან ასაცილებლად აქვე აღვნიშნავ, რომ ეს მოდელი ორგვარი სტიმულების არსებობას გულისხმობს: სტიმულების ერთი ჯგუფი თვით დიფერენცირებას იწვევს, ხოლო მეორე ჯგუფი კი — დიფერენცირების მიმართულებას განსაზღვრავს. დიფერენცირების მიმართულების განმსაზღვრელ სტიმულებს საერთოდ არ განვიხილავ ამ ნაშრომში. ამ საკითხის გასარკვევად მკითხველს შეიძლება [99] ნაშრომის გაცნობა ეურჩიოდ.

მიუხედავად იმისა, რომ მოწოდებული მოდელი უდავო და დამარწმუნებელი ჩანს, შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ მას ბევრი ცნო-

ბილი ფაქტი არ ეთანხმება — და გარკვეულად აბათილებს: 1) უჭრედის დიფერენცირებისათვის არ არის აუცილებელი უჭრედზე რაიმე სტიმულის ხანგრძლივი მოქმედება. ჩვეულებრივად, სადიფერენციაციო სტიმულის მოქმედება ხანმოკლეა, ხოლო დიფერენცირება, მისი მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, ყოველგვარი სტიმულების გარეშე მიმდინარეობს — უჭრედების დიფერენცირებას ტრიგერულ ხასიათი აქვს [47; 108]. მაშასადამე, საკმარისია დიფერენცირების მხოლოდ გამოწვევა, „გაშვება“, რის შემდეგ უჭრედი რალაც შინაგანი მექანიზმის მოქმედების შემდეგ თითქოს და თავისთავად დიფერენცირდება. 2) მოწოდებული მოდელი ვერ ხსნის დიფერენცირების შექცევადობის ძალზე მცირე ალბათობას. მოდელით გამოსახულ ვითარებაში დედიფერენცირების და ტრანს-დიფერენცირების (იხ. 4.3.2) ალბათობა ძალზე დიდი უნდა ყოფილიყო, რაც ცნობილ ფაქტებს ეწინააღმდეგება. 3) მოწოდებული მოდელის მიხედვით უჭრედთა დიფერენცირების უზრუნველსაყოფად მასში დიდძალი ენერჯია და, რაც განსაკუთრებით საყურადღებოა, ინფორმაცია უნდა შედიოდეს. მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ დიფერენცირება უჭრედთა ინტენსიური პროლიფერაციის ფონზე მიმდინარეობს, ცოცხალ სისტემაში შემავალი ენერჯიისა და ინფორმაციის ნაკადები მეტად დიდი უნდა იყოს. ამავე დროს, განვითარების ადრეულ სტადიებზე, როდესაც უჭრედების გამრავლება და დიფერენცირებაც განსაკუთრებით ინტენსიურია, ცოცხალი სისტემა თითქმის მთლიანად არის იზოლირებული გარემოსაგან, ხოლო მასში შემავალი ენერჯიის რაოდენობა და ინფორმაციის მოცულობა მეტად მცირე უნდა იყოს [იხ. 59]. ასე რომ არ ყოფილიყო, გენეტიკური პროგრამების რეალიზაცია გაცილებით მეტად იქნებოდა დამოკიდებული გარემოდან შემოსულ ინფორმაციაზე, ვიდრე ეს სინამდვილეში ხდება და „ბუზის სპილოდ გადაქცევა“ დაკარგავდა თავის ფიგურალურ აზრს და საკმაოდ რეალურიც გახდებოდა.

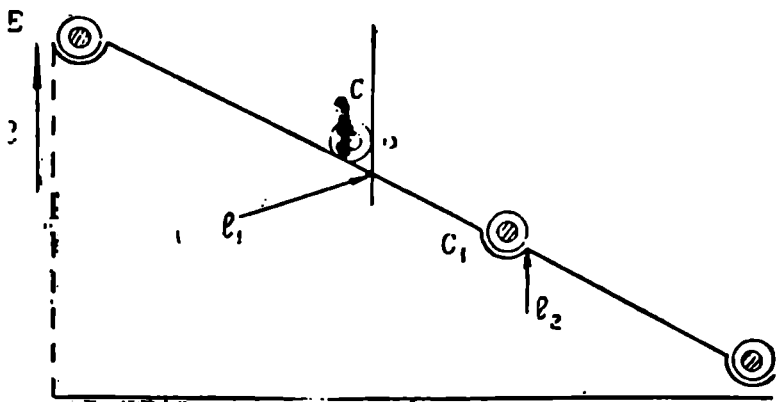
ყველა ამ სიძნელის თავიდან აცილება შეიძლება, თუ დიამეტრალურად საწინააღმდეგო წანამძღვარს დავეყრდენით და მივმართეთ საკუთრივ დახრილი სიბრტყის მოდელს. უკანასკნელი გულისხმობს იმას, რომ უჭრედის დიფერენცირება დახრილ სიბრტყეზე ბურთულის თავისუფალი გორვის ანალოგიუ-

რია. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ დიფერენცირებისათვის უჭრედს არ სკირდება რაიმე დამატებითი სტიმულები — და უჭრედი ყოველთვის მიიწრაფის მაქსიმალურად დიფერენცირებული გახდეს. მხოლოდ დიფერენცირების წამოწყებისათვისაა საჭირო „ამგზნები“ იმპულსი, რომელიც მას მეტასტაბილური მდგომარეობიდან გამოიყვანს (იხ. ნახ. 12, ბ). ამგვარი სტიმული შეიძლება სუსტი და ნაკლებად სპეციფიკური იყოს. ამგვარად, უჭრედის დიფერენცირება უჭრედის იმანენტური მისწრაფების რეალიზაციას წარმოადგენს.

დახრილი სიბრტყის მოდელის ამგვარი თეორიული ინტერპრეტაცია, თუმცა ერთობ უჩვეულოა, მაგრამ, ჩემი აზრით, უფრო მისაღებია, რადგანაც არ ეწინააღმდეგება უჭრედის დიფერენცირების ძირითად თვისებებს, რომლებიც დახრილი სიბრტყის მოდელის პირველი ვარიანტის გამოყენებისას ძნელად ასახსნელი ან სრულიად აუხსნელი რჩებოდა. ამიერიდან დახრილი სიბრტყის ქვეშ ჩვენ მხოლოდ მის მეორე, ძირითად ვარიანტს ვიგულისხმებთ, რადგანაც წამოყენებული ჰიპოთეზა სწორედ ამ მოდელის შემოღებისას არის ახალი და საგულისხმო.

დახრილი სიბრტყის მოდელის რამდენიმე თავისებურებაა განსახილველი, უპირველეს ყოვლისა, უნდა მოეძებნოს ადგილი ყველა იმ დიფერენცირების ფაქტორებს, რომლებიც ასე თუ ისე მოქმედებენ უჭრედების დიფერენცირების სიჩქარეზე და მიმართულებაზე (პორმონები, ზოგიერთი ცილები, სეგალითად, ფიბრონექტინი [91], იონები, ნერვული იმპულსები და სხვა). რაც შეეხება ფაქტორების მეორე ჯგუფს, მასზე მცირე ცნობები მოცემულია [58]-ში, ხოლო აქ მათ აღარ განვიხილავ, რათა არ ვუღალატო ამ ნაშრომში აღებულ გეზს. რაც შეეხება ფაქტორების მეორე ჯგუფს, ისინი ან აფერხებენ დიფერენცირებას, რაც შეიძლება ორი გზით განხორციელდეს, ან აჩქარებენ მას, რაც შეიძლება მოხდეს ან დიფერენცირების გზაზე აღმოცენებული შეფერხების (დაბრკოლების) გაუქმებით, ან დახრილ სიბრტყეზე უჭრედის მოძრაობის მიმართულებით მოქმედი დამატებითი ძალის წარმოშობით. შეფერხებები კი (დაბრკოლებები) ან დახრილ სიბრტყეზე მოძრავი უჭრედის წინ ტიხარის აღმართვის სახით შეიძლება წარმოვიდგინოთ, ან თვის

დახრილ სიბრტყეზე პატარა ბუდის (ორმოს) გაჩენის სახით. იმისათვის, რომ უჯრედმა დიფერენცირება გააგრძელოს, მასზე მცირე ინტენსივობის ნაკლებად სპეციფიკურმა სტიმულმა უნდა იმოქმედოს, როგორც ეს დიფერენცირების დაწყებისათვის იყო აუცილებელი (ნახ. 14).



ნახ. 14. დიფერენცირების ორი შემთხვევა. c — უჯრედის წინ a — ტიხარი აღმოცენდა; უჯრედის დიფერენცირება (დახრილ სიბრტყეზე გადანაცლება) შეჩერდა. c_1 — უჯრედი „პოტენციური ორმოს“ მსგავს ფოსოში ჩაეარდა — და დიფერენცირება შეწყვიტა. პირველ შემთხვევაში a — ტიხარის გამაუქმებელი ფაქტორი საკმაოდ სპეციფიკური სტიმული (e_1) უნდა იყოს. ტიხარის გაუქმების შედეგად უჯრედის დიფერენცირება გაგრძელდება. c_1 — უჯრედის „ორმოდან“ ამოსაგდებად მასზე რაიმე ნაკლებად სპეციფიკურმა ფაქტორმა ანუ (ამ შემთხვევაში ეს იგივეა) სტიმულმა (e_2) უნდა იმოქმედოს; უკანასკნელი უჯრედის დიფერენცირების დაწყებისათვის აუცილებელი სტიმულის (?) მსგავსია. E — იდეალური ჩანასახოვანი უჯრედი, T — ტერმინალურად დიფერენცირებული უჯრედის პოზიცია.

რალა თქმა უნდა, მოწოდებული მოდელი მხოლოდ პროცესის თვალსაჩინოდ გამოსახვის საშუალებას წარმოადგენს. არ უნდა დაგვაფიწყდეს, რომ იდეალურ ჩანასახოვან უჯრედს სრული კომპეტენცია აქვს და, მაშასადამე, მას შეუძლია ყველა მოცემული ორგანიზმისათვის შესაძლებელი გზებიდან

რომელიმე ერთი ამოირჩიოს. ამგვარი ვითარება შეიძლება სამ-
განზომილებიანი სქემის საშუალებით გამოისახოს [იხ. 57].

მეტად მნიშვნელოვანია „დახრილი სიბრტყის“ მოდელის კიდევ
ერთი თავისებურება. მისგან აშკარად და დაუბრკოლებლად გამომ-
დინარეობს, რომ დიფერენცირებული უჯრედი, განსაკუთრებით კი
საბოლოოდ, ტერმინალურად დიფერენცირებული უჯრედი, მაქსი-
მალურად მდგრად, სტაბილურ მდგომარეობაში იმყოფება. რაც
უფრო დიფერენცირებულია უჯრედი, მით უფრო სტაბილურია მი-
სი მდგომარეობა. დიფერენცირებული უჯრედი ძალიან ძნელად თუ
გადაიქცევა (ტრანსდიფერენცირდება), რომელიმე სხვა სადიფე-
რენციაციო ტიპის უჯრედად, მაშინ როდესაც არადიფერენცირე-
ბული ან ნაკლებად დიფერენცირებული უჯრედი, ჩანასახოვანი თუ
ღერო უჯრედია ის, მცირე სტიმულის ზეგავლენითაც კი დიფერენ-
ცირებას იწყებს. ამგვარი უჯრედების მდგომარეობა მ ე ტ ა ს ტ ა -
ბ ი ლ უ რ ი ა. მეტასტაბილური უჯრედის მდგომარეობის შეცვლა
ღიძი ალბათობით ხდება, ხოლო დიფერენცირებული უჯრედის
მდგომარეობის შეცვლას მეტად მცირე ალბათობა აქვს.

სტაბილობა ჩვენს შემთხვევაში არამც და არამც არ გულისხ-
მობს არც უჯრედის სიცოცხლის უნარს, არც მის მდგრადობას და-
მაზიანებელი ზემოქმედებების მიმართ, არც სიცოცხლის ხანგრძლი-
ვობას, არამედ მხოლოდ მისი მდგომარეობის სტაბილურობას. მწრ-
თლაც. სისხლის ღერო უჯრედი ცოცხლობს იქამდე, სანამ დიფე-
რენცირების გზას დაადგება, ერთროციტის ან სხვა სისხლის ფორ-
მისა ელემენტის სიცოცხლის ხანგრძლივობა შედარებით მცირეა.
ამავე დროს, ღერო უჯრედი ადრე თუ გვიან მაინც დიფერენცირ-
დება და მისი მდგომარეობაც შეიცვლება, ხოლო რაიმე სხვა ტიპის
უჯრედად გადაქცეული ერთროციტი ან ნეირონი ჯერჯერობით
არავის უნახავს, თუმცა არც უჯრედთა ამ ტიპების დე — და ტრანს-
დიფერენცირებაა თეორიულად აკრძალული. როგორც ჩანს, უჯრე-
დის სიცოცხლის ხანგრძლივობა მხედველობაში არ არის მისაღები,
თუმცა იყო ცდა ამ სიდიდის დიფერენცირების ხარისხის ერთ-ერთ
კრიტერიუმად გამოყენებისა [60]. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მე-
ტად ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე ტერმინალურად დიფერენცირ-
ებული უჯრედებიც არსებობს. ასეთია — ნეირონები, გულის მი-
ოციტები, ჰეპატოციტები, ანდროციტები და სხვა. ამგვარად, უჯ-

რედის მდგრადობა (სტაბილურობა) ჩემ მიერ განიხილება, როგორც ალბათობა უჯრედის ამა თუ იმ სადიფერენციაციო მდგომარეობაში ყოფნისა და მისი სხვა სადიფერენციაციო მდგომარეობაში გადასვლისა. რაც უფრო მეტია პირველის და მცირეა მეორის ალბათობა, მით უფრო დიდია უჯრედის სტაბილურობა [58; 59].

4.4.2. დიფერენცირების სტიმულების ბუნება. ეს განაკვეთი ჩვენთვის ყველაზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც სწორედ მის სათაურში მოცემული საკითხის გადასაწყვეტად შეიძლება გამოვიყენოთ ამ ნაშრომში გადმოცემული თეორიული დებულებები.

როგორც წინა განაკვეთში აღვნიშნე, უჯრედის მაქსიმალური დიფერენცირების მდგომარეობა მისი მაქსიმალური სტაბილურობის მდგომარეობას შეესაბამება. გასაგები ხდება უჯრედის მაქსიმალური დიფერენცირებულობისაკენ სწრაფვა — ეს მისი მაქსიმალურად სტაბილური მდგომარეობისაკენ სწრაფვაა. განვიხილოთ უჯრედი არა როგორც სისტემის კომპონენტი, არამედ როგორც ცალკე სისტემა. რა განსაზღვრავს სისტემის სტაბილურობას? ამგვარი ზოგადი პირობა ორი შეიძლება იყოს: ენერგია და ინფორმაცია. რაც შეეხება უჯრედის ენერგეტიკულ თვისებებს, მათ განსაზღვას ამ ნაშრომის დასაწყისიდანვე აქვარა გვერდი (2.1). სხვაც რომ არ იყოს, თუ ერთბაშად თავისუფალი ენერგია შეიძლება შედარებით მცირე სიდიდედ ჩავთვალოთ, ამას ეერაფრით ვერ ვიტყვით ნეირონზე, მიოციტზე ან ჰეპატოციტზე. მსჯელობის ამ მიმართულებით წარმართვისას უსათუოდ გამოუვალ ჩიხში მოვექცევით. მეორე გზა უფრო პერსპექტიულად მიმაჩნია.

თუ უჯრედის მაქსიმალური დიფერენცირებისაკენ სწრაფვას ინფორმაციული სტიმულები განაპირობებს, მაშინ მისი ტერმინალური დიფერენცირების მდგომარეობას ინფორმაციის (ამ სისტემისათვის შესაძლებელი) მინიმუმი უნდა შეესაბამებოდეს. ეს თეორიულ ლოგიკას არ ეწინააღმდეგება. მართლაც, ზიგოტის დანაწევრებიდან დაწყებული ზრდასრული ორგანიზმის ჩამოყალიბებამდე ორგანიზმში უჯრედების რაოდენობა მრავალჯერ იზრდება. ყოველი უჯრედის ინფორმაცია დიფერენცირებისას რომ მატულობდეს, სისტემაში ინფორმაციის უაღრესად დიდი მოცულობა უნდა შემოსულიყო, რაც ძნელი წარმოსადგენია. თუკი წარმოვიდგინეთ, რომ

სისტემის ყოველი კომპონენტის (უჯრედის) ონტოგენეზში ინფორმაციის ოდენობა მცირდება, მაშინ ინფორმაციის მოცულობის მუდმივობის (იხ. 2.2) აღიარება აღარ გაგვიჭირდება, რადგანაც კომპონენტების ინფორმაციის მოცულობათა ჯამი სისტემისათვის დამახასიათებელ ოდენობას არ გადააჭარბებდა. ამგვარად, ინფორმაციის ადიტიურობაც არ დაირღვეოდა.

თავისთავად ცხადია, ამგვარი მსჯელობა მხოლოდ სპეციფიკურ ინფორმაციას გულისხმობს — ქარბი ინფორმაცია კი, შესაძლებელია, უჯრედების გამრავლების შედეგად იზრდებოდეს კიდევ.

ამრიგად, შეიძლება დავუშვათ, რომ უჯრედის დიფერენცირების ძირითადი სტიმული მისი ინფორმაციის მინიმუმისაკენ სწრაფვებაა, ხოლო ინფორმაციის მინიმუმს კი მისი მაქსიმალური დიფერენცირების მდგომარეობა შეესაბამება.

როგორც ვხედავთ, მე შევეცადე ჩემს მიერ მოწოდებული მეორე აქსიომა (2.2) ონტოგენეზში მიმდინარე ერთ-ერთი პროცესისათვის გამომეყენებინა და თეორიის ზოგადი დებულების ერთ-ერთი კერძო შემთხვევა მომეცა. მაგრამ ასე იოლად ამ საკითხს თავს ვერ გავართმევთ. ჩვენს მიერ გაკეთებული თეორიული დასკვნები ცოტად თუ ბევრად მტკიცე დასაბუთებას მოითხოვს. უპირველეს ყოვლისა, უნდა დასაბუთდეს დებულება, თუ რამდენად შეიძლება იმის დაშვება, რომ უჯრედი დიფერენცირებისას ინფორმაციას ქარგავს. საქმე ისაა, რომ ციტოლოგების მრავალწლიანი გამოცდილება ამ დებულებას თითქოსდა ეწინააღმდეგება. უმრავლესად, როგორც უკვე ითქვა, ითვლება, რომ დიფერენცირებისას უჯრედის ორგანიზაცია მატულობს და, მაშასადამე, მისი ინფორმაციის მოცულობაც უნდა იზრდებოდეს. მაგრამ ბოლოს და ბოლოს ეს დასკვნაც წმინდა ინტუიციურია. ვნახოთ, რამდენად შეესაბამება ის სინამდვილეს.

ციტოლოგებს ამ დებულების დასამტკიცებლად არცთუ იოლი გზის გავლა მოუწევთ. უპირველეს ყოვლისა უნდა აღინიშნოს, რომ უჯრედების მრავალი ტიპი დიფერენცირებისას აშკარა როგორც ფუნქციურ, ისე სტრუქტურულ გამარტივებას განიცდის. ამის ყველაზე გავრცელებული მაგალითებია ერითროციტები და ბროლიხ

ბოქკოები. ცნობილია, რომ ორივე ამ შემთხვევაში უჯრედებში ყველა ფუნქციურად მნიშვნელოვანი სტრუქტურა ქრება, რადგანაც ბირთვები ინაქტივაციას განიცდიან და მათში ტრანსკრიფცია წყდება. ერითროციტები ზოგჯერ (ძუძუმწოვრები), ხოლო ბროლის უჯრედები ყოველთვის საბოლოო ჯამში ბირთვებსაც კი შეეღვეიან ხოლმე. ბირთვიანი ერითროციტები არსებითად ფუნქციურად უბირთვონი არიან. ძუძუმწოვრების ერითროციტების მიერ ბირთვების დაკარგვა მათი ინაქტივაციის უკიდურესი გამოხატულებაა*. სხვათა შორის, ინფორმაციის კარგვის აშკარა გამოხატულებას ვხვდებით ზოგიერთ უხერხემლო ცხოველშიც. ბირთვების აშკარა ნაწილობრივი ინაქტივირება და (ალბათ) ინფორმაციის კარგვაც გამოიხატება ე. წ. ქრომატინის დიმინუციაში ანუ ქრომოსომების ელიმინაციაში. აქ მოტანილი მოვლენა მდგომარეობს სომატურ უჯრედებში ქრომოსომების საკმაოდ დიდი ნაწილის დაკარგვას. ასე მაგალითად ორფრთიან მწერში (კოლოში) 40 ქრომოსომიდან კვერცხის დანაწევრებისას სომატური უჯრედები, მხოლოდ 8 ქრომოსომას ინარჩუნებენ, 32-ს კი კარგავენ. გონადების უჯრედები და გამეტები (ქრომოსომების რიცხვი რედუქციამდე) ქრომოსომების სრულ ნაკრებს ინარჩუნებენ.

გარდა ერითროციტებისა და ბროლის უჯრედებისა დიფერენცირების გზაზე სტრუქტურული გამარტივება აქვითად სისხლის ყველა ფორმიან ელემენტში ხდება. ასევე მარტივდება ეპიდერმისის უჯრედები, რომლებიც საბოლოო ჯამში კერატინიზაციას განიცდიან, ოსტეოციტები, რომლებიც კალციუმის მარილებით იქონიებიან, ქონდრიციტები და ზოგიერთი სხვა.

ამავე დროს, მთელ რიგ უჯრედებში — ნერვულ უჯრედებში, მიოციტებში, ჰეპატოციტებში და სხვა — შეიძლება სტრუქტურული გართულების ნიშნები ვიპოვოთ. სხვაც რომ არ იყოს, უჯრედებიც კი, რომლებიც დიფერენცირების ტერმინალური ეტაპისათვის სტრუქტურულ გამარტივებას განიცდიან, დიფერენცირების შუა წელში თითქოს სტრუქტურულად რთულდებიან: მათში ყალიბ-

* ამ მოვლენების დამადასტურებელი ლიტერატურა აქ არ მოყავს. ამას ორი მიზეზი აქვს: 1 — შესაბამისი ლიტერატურა ძალზედ მრავალრიცხოვანია; 2 — აქ მოტანილი მოვლენები საყოველთაოდ ცნობილია.

დება ენდოპლაზმური ბადე (ორივე ფორმის), მატულობს შეკავშირებული (ბადესთან) რიბოსომების რიცხვი და, შესაბამისად, კლებულობს შეუკავშირებელი რიბოსომების რიცხვი, ყალიბდება უჯრედების ჩონჩხი, ე. წ. შუალედი ბოქკოები, რომლებიც განვითარების ადრე სტადიებზე ზოგიერთ უჯრედს არ გააჩნია*, ყალიბდება სპეციფიკური, ამა თუ იმ ფუნქციის შესაბამისი, სტრუქტურები.

იქმნება კურიოზული სიტუაცია. გამოდის, თითქოს უჯრედების სხვადასხვა ტიპების დიფერენცირება სხვადასხვა კანონზომიერების თანახმად მიმდინარეობს. უარესიც ხდება: ზოგიერთ შემთხვევაში დიფერენცირება ჯერ ერთ ტენდენციას ავლენს (სტრუქტურული გართულება), ხოლო შემდეგ კი მეორეს (სტრუქტურული გამარტივება). ეს რომ ასე იყოს, ჩვენ გარდაუვალად „თეორიული კატასტროფის“ წინაშე დავდგებით. დიფერენცირების რაიმე ერთიან სტიმულზე ლაპარაკი ზედმეტი იქნება და მთელი ჩვენი თეორიული კონსტრუქცია (ყოველ შემთხვევაში, ამ კერძო საკითხისათვის) გამოუსადეგარი ხდება.

მივუდგეთ საკითხს სხვა მხრიდან. შევეცადოთ ვიპოვოთ უცვლა ტიპის უჯრედების დიფერენცირების საერთო თვისება. როგორც უკვე ითქვა, დიფერენცირების პროცესში მისი კომპეტენცია მცირდება. კლებულობს გზის არჩევის შესაძლებლობა, იზრდება უჯრედის ერთი რომელიმე გზით დიფერენცირების ალბათობა სხვა დანარჩენი გზებით დიფერენცირების ალბათობის ხარჯზე. ხდება უჯრედის ფუნქციური შევიწროება. უჯრედის დიფერენცირების ტერმინალურ ფაზაში უმრავლესად (არა ყოველთვის), როგორც ამას ბულოუ [75] ფიქრობს, უჯრედს მხოლოდ ერთი, მისი სპეციალიზაციის შესაბამისი, ფუნქციის შესრულება შეუძლია. ბოლოს და ბოლოს, თვით სიტყვა „სპეციალიზაცია“ ხომ ერთი ფუნქციის ზუსტად და ზედმიწევნით შესრულებისათვის დანარჩენი ფუნქციების შეწირვას ნიშნავს.

შეიძლებოდა უჯრედში მიმდინარე სინთეზების ნაირგვარობისათვის მიგვემართა. მაშინ მთავარი ყურადღება ე. წ. „ფუფუნების სინთეზებისათვის“ უნდა მიგვექცია, რადგანაც „შინა-დიასახლისის

* ცნობები შუალედ ბოქკოებზე შეიძლება [98] ნაშრომში ვიპოვოთ.

ფუნქცია“ ყველა ტიპის უჯრედს, დიფერენცირებულსა თუ არადიფერენცირებულს, დაახლოებით ერთი და იგივე რაოდენობით აქვს წარმოდგენილი. ეს ხომ უჯრედის სიცოცხლისათვის აუცილებელი, ობლიგატური სინთეზებია. ამავე დროს, „ფუფუნების სინთეზები“ — ფუნქციური სინთეზებია. ისინი უჯრედის სიცოცხლისათვის აუცილებელნი არ არიან, თუმცა აუცილებელნი არიან მთელი ორგანიზმისათვის. ასე მაგალითად, უჯრედის სიცოცხლისათვის არ არის აუცილებელი ჟანგბადის გადატანა, ფაგოციტოზი, მიგრაცია და სხვა ამგვარი. ასევე არ არის მისთვის აუცილებელი ყველა შესაბამისი სინთეზი. მაგრამ ყველა უჯრედისათვის აუცილებელია ენერჯის აკუმულაცია, გარემოდან ენერგეტიკული მასალის შეთვისება (ენდოციტოზი), მეტაბოლიტების უჯრედიდან გამოტანა (ეგზოციტოზი) და სხვა. ასევე აუცილებელია უჯრედისათვის ყველა ამ პროცესის შესაბამისი სინთეზები*.

ვფიქრობ, კარგად გამოჩნდა, რომ უჯრედის დიფერენცირებაზე მსჯელობისათვის მხოლოდ „ფუფუნების“ სინთეზები გამოგვადგება. სამწუხაროდ, ერთი გარემოება გვიშლის ხელს. სახელდობრ, ზოგჯერ უჯრედის ერთ ფუნქციას რამდენამე „ფუფუნების“ სინთეზი შეესაბამება.

ამ სიძნელის თავიდან ასაცილებლად უშუალოდ უჯრედის ფუნქციებს მივმართოთ. ფუნქციებიც შეიძლება „ფუფუნების“, ფაგულტატურ, არააუცილებელ და „შინა-დიასახლისის“, ობლიგატურ, აუცილებელ ფუნქციებად დაიყოს. „ფუფუნების“ ფუნქციები ზევით უკვე ჩამოვთვალე და აქ აღარ გავიმეორებ* * ზოგი ავტორი ამ ფუნქციათა მკვეთრად გამიჯნვის გამო უჯრედების ბირთვის ორ, ფუნქციურად განსხვავებულ გენომსაც კი აწერს [83]. აქვე დაეძენ, რომ „ფუფუნების ფუნქციებზე“, ნაცვლად სინთეზებისა, ზოგიერთი სხვა ავტორიც ლაპარაკობს [68; 83].

* სახლის ოტერმინები „ფუფუნების“ (luxerious) და „შინა-დიასახლისის“ (house-keeper) სინთეზები სამოციან წლებში შემოვიდა ლიტერატურაში (იხ. მაგალითად [83; 90]) და ამის შემდეგ მკვიდრად მოიკიდა ფეხი.

* * სხვათა შორის, მიტოზიც „ფუფუნების“ ფუნქციაა — ზოგიერთი უჯრედო გაყოფის გარეშე მრავალ წელს ცოცხლობს და თავის ფუნქციებსაც ასრულებს (ნეარონი, მიოციტი, ჰეპატოციტი და სხვა).

შევეცადოთ ზემოთ გადმოცემული შევაჯამოთ. ნებით თუ უნებლიეთ ჩვენ უკვე ვალიართ, რომ დიფერენცირება ფუნქციების დაკარგვასთან და ხშირად ერთადერთი ფუნქციის ჩამოყალიბებასთან არის დაკავშირებული. თითქოს ჩვენს ამოცანას გავართვით თავი და შეიძლება საბოლოოდ დავასკვნათ, რომ უკრედი მიისწრაფვის მაქსიმალურად დიფერენცირებულ მდგომარეობისაკენ, რადგანაც უკანასკნელი შეესაბამება მის ინფორმაციულ მინიმუმს და, მაშასადამე, მის მაქსიმალურ სტაბილობას. შესაძლებლობისამებრ მაქსიმალური დიფერენცირება უკრედისათვის ინფორმაციულად ყველაზე ხელსაყრელი მდგომარეობაა.

მინდა შევახსენო მკითხველს რომ ჩვენი მწყობრი დასკვნა ჩვენი მსჯელობის მოცემულ ეტაპზე სულაც არ არის მოკლებული ხარვეზებს, რაც მის სიმკვიდრეს შესამჩნევად ამცირებს. აქ ორი გარემოება გვაქვს გასათვალისწინებელი: 1. ჩვენ ასახსნელი დავგრჩა დიფერენცირების პროცესში სტრუქტურული და ფუნქციური ცვლილებების შეუსაბამობა; 2. ჩვენი ძირითადი დებულება დიფერენცირებისას უკრედის ფუნქციური გამარტივების შესახებ სულაც არ არის უნაკლოდ დასაბუთებული. მართლაც, თუმცა არადიფერენცირებულ უკრედებს გააჩნიათ უნარი გადაიქცნენ რამდენიმე ტიპის უკრედად იმის მიხედვით, თუ რა პირობებში მოხვდებიან ისინი, ეს როდი ნიშნავს იმას, რომ ეს უკრედები რაიმე სპეციალურ ფუნქციებს ასრულებდნენ. მაგალითად, პრეზუმპტიული ექტოდერმა შეიძლება გადაიქცეს ნერვულ უკრედებად, ბროლად, პიგმენტურ უკრედებად, თირკმელზედა ჯირკვლის ადრენერგულ უკრედებად და სხვა, მაგრამ არც ერთ შესაბამის ფუნქციას ეს უკრედები არ ასრულებენ, თუკი გარემოდან სათანადო სიგნალებს არ მიიღებენ. ცხადია, ამისათვის მათ წინასწარ გარკვეული ცვლილებები უნდა განიცადონ.

მიუხედავად მოტანილი არგუმენტის საფუძვლიანობისა, მე პირადად დარწმუნებული ვარ, რომ ისინი სულაც არ აბათილებენ ზემოთ გამოტანილი დასკვნების სისწორეს. ამას შემდეგი გარემოებანი ადასტურებენ: 1. სრულიად არადიფერენცირებული უკრედებიც კი ასრულებენ ზოგიერთ სპეციალურ „ფუფუნების“ ფუნქციას, რომლის შესრულების უნარსაც ისინი შემდგომში დი-

ფერენციების შედეგად კარგავენ. მაგალითად. განვითარების ადრე სტადიებზე უჩრდებს აქვთ პროლიფერაციის, სეკრეციის და მერკაციის უნარი, მათთვის, ზოგადად თუ ვიმსჯელებთ, არც შეკუმშვის ფუნქციაა უცხო, რამდენადაც უჩრდების გამრავლება მიკრომილაკების შეკუმშვასთან არის დაკავშირებული. გარდა ამისა, ჩანასახოვანი უჩრდები უკვე ასინთეზირებენ მიკროფილამენტებს, რომლებიც კუნთოვანი უჩრდების მიოფიბრილების წინამორბედნი არიან. ცნობილია, რომ დიფერენციების პროცესში უჩრდები ამ ფუნქციების ნაწილს (შესაბამისად იმისა, თუ რა ტიპის უჩრდები მიიღება) გარდაუვალად კარგავენ. აქვე აღსანიშნავია, რომ პროლიფუნქციური ცალების — ფიბრონექტინების — რაოდენობა დიფერენციების გზაზე უჩრდებში კლებულობს [91], რაც, როგორც ჩანს, ზოგიერთი ფუნქციის გამოთიშვას ნიშნავს.

ესეც რომ არ იყოს, არადიფერენციურებულ უჩრდებს პოტენციურად შეუძლია შეასრულოს დიდი ნაწილი ფუნქციებისა, რომლებიც მოცემულ ორგანიზმს შეესაბამება. ამგვარი უჩრდები — პლუროპოტენტურია. მისი კომპეტენცია დიდია, თუ ავიღეთ სრულიად არადიფერენციურებული უჩრდები, რომელსაც ჩვენ იდეალური ჩანასახოვანი უჩრდები დავარქვით, მას პოტენციურად შეუძლია შეასრულოს ყველა ფუნქცია, რომელიც მოცემულ ორგანიზმს შეესაბამება. ასეთი უჩრდები — ტოტოპოტენტურია, და მას სრული კომპეტენცია ახასიათებს. მაშასადამე, იდეალური ჩანასახოვანი უჩრდები, თუ შეიძლება ასე ითქვას, ტოტალური მზადყოფნის მდგომარეობაშია. დიფერენციების გზაზე მყოფი ან რომელიმე დერო-უჩრდელის მზადყოფნის ხარისხი ნაკლებია, მაგრამ შესამჩნევად დიდია დიფერენციურებული უჩრდელის მზადყოფნის ხარისხზე. მაშასადამე, არადიფერენციურებული უჩრდები მხოლოდ იმიტომ არ ასრულებს მოცემული ორგანიზმისათვის დამახასიათებელ ფუნქციას, რომ მასზე არ მოქმედებს შესაბამისი სიგნალი. თუ შესაბამისი სიგნალი გარემოდან შემოვიდა, უჩრდები სათანადო ფუნქციას შეასრულებს.

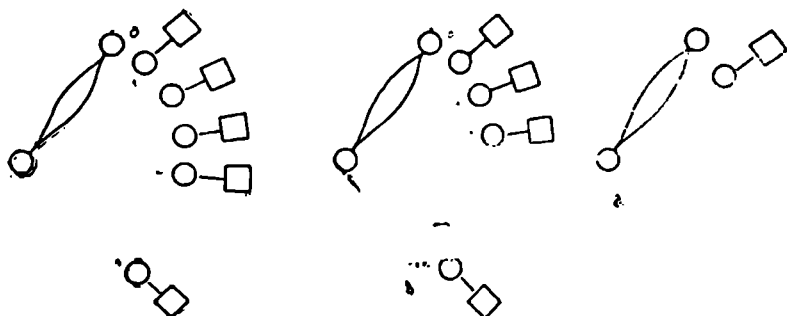
ამ მოსაზრების დასადასტურებლად უამრავი მაგალითი შეიძლება მოვიყვანოთ. ამ მაგალითებს შორის ორია მეტად თვალსაჩინო:

1. ჩანასახის განვითარების შედარებით ადრე სტადიებზე მთელ კომპეტენტურ, ექტოდერმას უნარი აქვს წარმოშვას თვალის ბრო-

ლი შესაბამისი ინდუქტორის ზეგავლენით. შემდგომ კი ექტოდერმის კომპეტენცია ვიწროვდება და წინა ნაწლავის ენტოდერმისა და გულის მეზოდერმის ზეგავლენით ბროლის წარმოქმნის უნარი მხოლოდ თვალის ბუშტის ზემოთ მდებარე ექტოდერმას რჩება. 2. ქათმისა და მწყურის ჩანასახების პრეზუმპტიული ექტოდერმის ყველა უბანს (პირველადი ზოლის გაჩენამდე) აქვს ღვიძლის უჯრედების წარმოქმნის უნარი, ხოლო წინა საინკუბაციო პერიოდში ჩანასახის მთელი ბლასტოდერმა (ხაზგასმა ჩემია, გ. თ.) შეიძლება ღვიძლის უჯრედებად გადაიქცეს. შემდგომში ეს უნარი, გულის მეზოდერმის გავლენის გამო, სივრცობრივად იზღუდება და გასტრულაციის შედეგად შესაბამის უბანსა რჩება [80]. გარდა ამისა, თავის ჩანასახოვანი ღვიძლის უჯრედებში α — ფეტოპროტეინის, ტუტე ფოსფატაზისა და 5-ნუკლეოტიდოზის განაწილება იძლევა სრულ საფუძველს, ვიფიქროთ, რომ ღვიძლის ყველა სხვადასხვა ტიპის უჯრედები, ნაღვლის სადინრების ჩათვლით, ერთი საერთო ნერვიდან არიან წარმოშობილნი, ხოლო დიფერენცირების გზაზე დიფერენციას განიცდიან [97]. ეს კი იმას მოწმობს, რომ არადიფერენცირებელი უჯრედი დუნჯციურად უფრო რთულია, ვიდრე დიფერენცირებული უჯრედი, ხოლო ყოველი უჯრედი დიფერენცირების გზაზე ფუნქციურად მარტივდება. აქედან ლოგიკურად გამომდინარეობს დასკვნა, რომ უჯრედის დიფერენცირება მისი ინფორმაციის დაკლებასთან არის დაკავშირებული. მის მაქსიმალურად დიფერენცირებულ მდგომარეობას მინიმალური ინფორმაცია შეესაბამება, რაც განაპირობებს უჯრედის მაქსიმალური დიფერენცირების მდგომარეობისაკენ სწრაფვას.

ამგვარი ვითარების საილუსტრაციოდ შეიძლება შემდეგ, თუმცა უხეშ, მკვრან თელსაჩინო ანალოგიას მივმართოთ. ვთქვათ, კონსტრუირებულია მოწყობილობა, რომელშიაც მოთავსებულია რამდენიმე სხვადასხვა დანიშნულების ელექტრული ან ელექტრონული სქემა (ნახ. 15). შესაბამისი გადამრთველით შეიძლება ნებისმიერი მათგანი ჩაირთოს. მეორე მის მსგავს მოწყობილობაში სქემების რაოდენობა ნაკლებია, ხოლო მესამე მოწყობილობას კი მხოლოდ ერთი სქემა აქვს. მიუხედავად იმისა, ჩართული იქნება რო-

მელიმე სქემათაგანი თუ არა (გადამრთველი ნულოვან მდგომარეობაშია), პირველი მოწყობილობის სისტემური სპეციფიკური ინფორმაციის მოცულობა მოცემული სამი მოწყობილობიდან ყველაზე დიდი იქნება, ხოლო მესამე მოწყობილობისა კი — ყველაზე მცირე. ჩვენი მსჯელობისათვის არ არის აუცილებელი განხილვა შემთხვევისა, როდესაც რამდენიმე სქემა ერთდროულად არის ჩართული. თუმცა ამგვარი შემთხვევა გამორიცხული არ არის, ის ჩვენ მსჯელობაში არაფერს შეცვლიდა.



ნახ. 15. სხვადასხვა რაოდენობის სქემების შემკველი მოწყობილობების სქემატური გამოსახულება. მართკუთხედებით სხვადასხვა სქემებია აღნიშნული: ყველა ისინი სხვადასხვა დანიშნულებისაა. გ — შემთხვევაში მოწყობილობა მხოლოდ ერთ სქემას შეიცავს.

ცხადია, რომ მოცემულ სქემაზე (ნახ. 15) ა — იდეალური ჩანასახოვანი უჯრედის, ბ — ნაწილობრივად დიფერენცირებული უჯრედის, ხოლო გ — ტერმინალურად დიფერენცირებული უჯრედის ანალოგიაა. მოწყობილობაში სქემების რაოდენობა უჯრედის კომპეტენციას შეესაბამება.

მოცემული ანალოგიიდან კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი დასკვნა გამოდინარეობს. საქმე ისაა, რომ მზადყოფნის მაღალ ხარისხს მაღალი სტრუქტურული ორგანიზაცია უნდა შეესაბამებოდეს. ვუიქრობ, სრული უფლება გვაქვს ეს დასკვნა უჯრედზეც გადავიტანოთ. პოტენციურ პოლიფუნქციურობას, და მით უმეტეს, ტოტეფუნქციურობას შესაბამისი მზადყოფნის სტრუქტურები უნდა გა-

ნაპირობებდეს. მაშასადამე, არსებითად უჯრედების დიფერენცირებას სტრუქტურული გამარტივებაც უნდა სდევდეს თან.

საკითხავია, რატომ არ ჩანს ამგვარი სტრუქტურული გამარტივება კარგად შეიარაღებული თვალითაც კი. ამის თაობაზე რამდენიმე მოსაზრება შეიძლება გამოითქვას:

1. ზოგ შემთხვევაში, როდესაც ვფიქრობთ, რომ ჩანასახოვან უჯრედს ესა თუ ის თვისება არ გააჩნია, სინამდვილეში ეს თვისება მას აქვს, მაგრამ სხვა სტრუქტურული ფორმითაა წარმოდგენილი. ამგვარ მოვლენას ვხვდებით უჯრედში შეკავშირებული რიბოსომების რაოდენობის განხილვისას. ბოლო დროს აღმოჩნდა, რომ მიუხედავად ბლასტულის უჯრედებში ჩამოყალიბებული ენდოპლაზმური ბადის უქონლობისა, შეკავშირებული რიბოსომები მათში მაინც საკმაოდ მრავლადაა წარმოდგენილი. რიბოსომები ბლასტულის უჯრედებში თავსდებიან ბირთვის გარსის დამახასიათებელ უბებში (ინვაგინაციებში), სადაც საკმაოდ მკიდროდ უკავშირდებიან ბირთვის გარსის მემბრანას (პერინუკლეარული სივრცის გარეთა მემბრანას), რაც ენდოპლაზმური ბადის უქონლობის კომპენსაციას წარმოადგენს [66]. 2. როგორც უკვე ითქვა, ზოგიერთი ტიპის უჯრედში სტრუქტურული გამარტივება აშკარაა; 3. ზოგიერთი სტრუქტურის დანიშნულება შეიძლება ერთი შესასრულებელი ფუნქციის უკეთესი უზრუნველყოფა (საიმედოობა) იყოს. ამგვარი სტრუქტურები მხოლოდ უჯრედის ქარბ ინფორმაციაში შეიტანს წვლილს; 4. რაც მთავარია, არადიფერენცირებული უჯრედის სტრუქტურები შესაძლებელია დინამიკური ხასიათისა იყოს და უჯრედში გამუდმებით მიმდინარეობდეს მათი სწრაფი დაშლა და ხელახალი თვითაწყობა. თუ ამგვარი სტრუქტურის დაშლის და თვითაწყობის დრო დიდია, ხოლო აწყობილ მდგომარეობაში სტრუქტურა მოკლე დროის განმავლობაში არსებობს, მისი დანახვის ალბათობა მეტად მცირე იქნება და ჩვენ გარდაუვალად შეგვექმნება შთაბეჭდილება, რომ ესა თუ ის სტრუქტურა საერთოდ არ არის. თუ ეს ასეა, დინამიკურ სტრუქტურებს უჯრედის სპეციფიკურ ინფორმაციაში დიდი წვლილი უნდა შეჰქონდეთ, რადგანაც სტრუქტურების დაშლა-თვითაწყობა ერთმანეთთან დროში ზუსტად უნდა იყოს შეთანხმებული. დინამიკური მოვლენების რიცხ-

ვის შემეცირება, რაც, როგორც ჩანს, დიფერენცირების პროცესში ხდება, უჯრედის ინფორმაციის შესამჩნევ შემეცირებას იწვევს. ალბათ ეს სწორედ ის შემთხვევაა, როდესაც უაღრესად მძლავრი ორგანიზაცია, ჩვენი ტექნიკური და შემეცინებითი საშუალებების სისუსტის გამო, შეიძლება ქაოსად მოგვეჩვენოს [36, 57]. ზოგიერთი სტრუქტურის გამუდმებული (ციკლური) დაშლა და თვითაწყობა თემცა უფრო დაბალი ტემპით, როგორც ჩანს, დიფერენცირებულ უჯრედებშიც ხდება. ამგვარი რამ საფიქრებელია უჯრედის ზოგიერთი, თუ არა ყველა, მემბრანული კომპონენტის მიმართ. ცოტა ხნის წინ ეს ნაჩვენები იყო 11 დღის ინკუბაციის ქათმის ჩანასახის კეპატოციტების ბირთვის ფოროვანი კომპლექსის მიმართ. თუ დაბალი ტემპერატურის ზეგავლენით ეს პროცესი შეეანელებო, ფოროვანი კომპლექსის თანმიმდევრული დაშლა და თვითაწყობა ამ უჯრედებში საკმარისად კარგად ჩანს [65].

ამ განაკვეთში ნათქვამი ზუსტად შეესაბამება 1.4 განაკვეთში გადმოცემულს და ერთგვარად ადასტურებს ან, უფრო სწორად, ავსებს მას. ზოგადი თეორიული მოსაზრებები ფაქტებით ხორცშესხმული ხდება. როგორც ირკვევა, დიფერენცირების ხარისხის რაოდენობრივ კრიტერიუმად უჯრედის ინფორმაციის ოდენობა გამოდგება. სამწუხაროდ, მეცნიერების განვითარების ამ ეტაპზე მისი გაანგარიშება პრაქტიკულად შეუძლებელია. უფრო რეალურია უჯრედების ფუნქციონირების რიცხვის განსაზღვრა. მაშინ დიფერენცირების ხარისხის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ მისი ფუნქციონირების რიცხვი

$$f \sim H_{sc} \quad (18)$$

სადაც H_{sc} უჯრედის სპეციფიკური ინფორმაციაა.

ამავე დროს, უჯრედის დიფერენცირების ხარისხი მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია f და, მაშასადამე H_{sc} . აქედან

$$\chi = \frac{1}{H_{sc}} \quad (19)$$

ხოლო ამის გამო კი

$$\chi = \frac{1}{f} \quad (20)$$

ამგვარად, თუ დაახლოებით ზუსტად ვიანგარიშეთ ამა თუ იმ უკრედის ფუნქციათა რიცხვი, შეეძლებოდა უკრედის დიფერენცირების ხარისხის განსაზღვრასაც (იხ. აგრეთვე [57—60]).

თუმცა ამჟამინდელ მსჯელობას არ ეხება, მაგრამ მაინც საინტერესოა, რომ ამ კრიტერიუმის გამოყენებას ერთ მეტად საგულისხმო დასკვნამდე მივყავართ. მისგან გამომდინარეობს, რომ ტერმინალურად დიფერენცირებული უკრედების დიფერენცირების ხარისხი შეიძლება სხვადასხვა იყოს. მართლაც, ერთი და იგივე ჰებატოკატები პლანმას ყველანი ასინთეზირებენ, რაც რამდენიმე ფუნქციის შესრულებად შეიძლება ჩაითვალოს [76], ხოლო ნეირონის ფუნქციათა რიცხვი ერთს უდრის, რადგანაც აგზნებისა და მისი გატარების უნარი ყოველგვარი ლოგიკური დარღვევის გარეშე ერთ ფუნქციად უნდა ჩაითვალოს.

დიდი სითამამე იქნებოდა მეთქვა, რომ თითქოს ყველა აქ მოტანილი მოსაზრება მხოლოდ და მხოლოდ ჩემი საკუთარი მონაპოვარია. ამ მოსაზრებებს გარკვეული წანამძღვრებიც აქვს. დიფერენცირების პროცესში უკრედის ფუნქციური გამარტივება მრავალ შემთხვევაში ექვს აღარ იწვევს, ხოლო ჩვენში გამბურგმა [9], საზღვარგარეთ კი რილემ [101] პირდაპირ აღიარეს უკრედის მიერ დიფერენცირებისას ინფორმაციის კარგვა, სამწუხაროდ, ბიოლოგიაში „თეორიული აფეთქებები“ მალე ქრება. აქაც ასე მოხდა და ამ მიმართულებით კვლევა აღარ გაგრძელებულა.

ჩემი მსჯელობა ჯერ კიდევ შორსაა სრულყოფილებისაგან, მაგრამ ვფიქრობ, მკითხველი დარწმუნდა, რომ ჩვენი ზოგადი თეორიული მოსაზრებები მთელ რიგ კერძო შემთხვევაშიც შეიძლება გამოვიყენოთ. ეს კი, თავის მხრივ, მომავალში ცოცხალი სისტემის ონტოგენეზის აღწერაში და მის ზოგად კანონზომიერებათა დადგენაში დაგვეხმარება.

4.4.3. გამეტები — უცნაური ბედ-იღბლის უკრედები. ზემოთ ჩვენ უკვე შევხვდით მეტად უცნაურ უკრედებს, რომლებიც გარდაუვალად იქცევიან არა როგორც რომელიმე ნებისმიერი სხვა უკრედი, არამედ სწორედ მის საწინააღმდეგოდ შექცევადი დიფერენცირებით ხასიათდებიან. ეს უკრედები — გამეტებია, როგორც მამრობითი, ისე მდედრობითი უკრედები დედიფერენცირდებიან და მათი გენომი, რომელიც სრულად ინაქტივირე-

ბ უ ლ ი ა, პრონუკლეურად გადაქცევისას აქტივირდება. ოოციტის აქტივირება კიდევ უფრო ადრე ხდება. ჯერ კიდევ მისი მომწიფებისას მისი ინაქტივირებული X-ქრომოსომა აქტივაციას განიცდის. ეს საკმაოდ დამარწმუნებლად არის ნაჩვენები და ამჟამად საყოველთაოდ არის ცნობილი [81].

ლოგიკურია ვიფიქროთ, რომ გამეტების აქტივირება მათში ინფორმაციის შესვლას და გაზრდას მოითხოვს. თუ საიდან შედის გამეტებში ინფორმაცია, ზუსტად თქმა ძნელია. ყველაზე გამართლებული ჩანს ვიფიქროთ, რომ ორივე შემთხვევაში ინფორმაციის გამეტაში კვერცხის ჩამოყალიბებისას შეიტანება — სპერმატოზოიდში — მომწიფებული კვერცხის ციტოპლაზმიდან (ოოპლაზმიდან), ხოლო კვერცხში კი ინფორმაცია ოოციტების ზრდისა და მომწიფების პერიოდში გროვდება. როგორც ჩანს, ინფორმაცია ენერჯისა და საშენი (პლასტიკური) მასალის სახით შედის.

უჯრედების დედიფერენცირება მთლიან, ინტაქტურ ორგანიზმში, როგორც იტყვიან *in situ*, სხვა შემთხვევებშიც ხდება. განსაკუთრებით თვალსაჩინოა ამგვარი პროცესები კულიანი ამფიბიების ორგანოების რეგენერაციის დროს (კიდურის, თვალის და ა. შ.). მართალია, ე. წ. კიდურის სარეგენერაციო ბლასტემის წარმომშობი უჯრედების დედიფერენცირება დღემდე დავას იწვევდა. მაგრამ ბოლო დროს ავტორთა მთელი რიგი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ბლასტემის უჯრედები ქეშმარიტ დედიფერენცირებას განიცდის [73; 74; 92; 94; 104]. რაც შეეხება პიგმენტური ეპითელიუმის და ბადურის ურთიერთგადასვლას და ფერადი გარსის უჯრედების ბროლის უჯრედებად გადაქცევას, ეს ექვს არავისში აღარ იწვევს [იხ. 32; 107; 111]. თვალის ქსოვილების ტრანსფორმაციას „გენეალოგიური კიბის“ სხვადასხვა საფეხურზე მდგომ ცხოველებში ვხვდებით [33; 50]. აქ სხვა შემთხვევებიც შეიძლებოდა მოგვეყვანა; მაგრამ ესეც საკმარისად მიმაჩნია, მით უმეტეს რომ უჯრედების დედიფერენცირების შექცევადობა უკვე 2.4-ში ვახსენე. ერთი რამ კი არის ხაზგასასმელი, რომ 1. გამეტების მაგალითზე დედიფერენცირების შექცევადობა მეტად აშკარად ჩანს; 2. გამეტების დედიფერენცირების შექცევადობა ორგანიზმების განვითარების პროგრამის ა უ ც ი ლ ე ბ ე ლ ნ ა წ ი ლ ს შეადგენს და არ საჭიროებს რაიმე

საგანგებო პირობებს. მართლაც და, გამეტები უცნაური ბედ-ილბ-ლის უჯრედები.

კიდევ თუ გავიხსენებთ, რომ ყოველგვარ ტრანსდიფერენცირებას უჯრედების დედიფერენცირება უძღვის წინ, მოულოდნელ დასკვნამდე მივალთ. ისე გამოდის, რომ უჯრედების პოპულაციის დიფერენცირება, მათ მიერ დიფერონის გავლა, მკაცრად რომ ეთქვამთ, განვიტარებთ არ წარმოადგენს. მართლაც, მათი ერთ-ერთ წინამორბედ მდგომარეობაში დაბრუნება თუ ხშირად არა, ზოგჯერ მანც ბუნებრივ პირობებში ხდება. გამეტებისათვის კი მათი წინამორბედ მდგომარეობაში დაბრუნება გენეტიკურად არის პროგრამირებული.

4.5. ზოგიერთი მოსაზრება ცოცხალი სახეაროს ევოლუციაზე

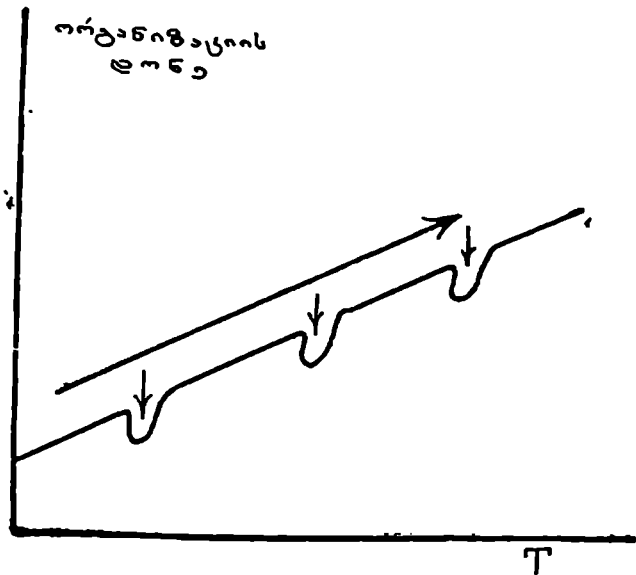
ძნელი სათქმელია, რატომ არის, რომ სათაურები ხშირად გაცილებით მეტს გვირდება, ვიდრე შინაარსი შეგვძენს და გადმოგვცემს. აქაც, ვშიშობ, ამავე მოვლენას ექნება ადგილი. აქ მხოლოდ იმას ვისახავ მიზნად, დავამტკიცო, თუ უფრო დავადასტურო, რომ ინფორმაციული კრიტერიუმები სავსებით ფუჭი არ არის და ზოგჯერ საინტერესო დასკვნებამდეც კი მიგვიყვანს. ევოლუციური მოძღვრების არასპეციალისტისთვისაც კი, ალბათ, ცხადია, რომ ევოლუციის მატერიალისტური გაგება მოითხოვს, ამ პროცესს სრულიად გარკვეული ბიოლოგიური აზრი მიეწეროს. როგორც ცნობილია, მთავარი აზრი ევოლუციისა გარემოსთან შეგუება, მისი ადაპტიურობაა. ეს დებულება უკვე ლამარკს ჰქონდა გამოთქმული [28], ხოლო დარვინმა განავითარა იგი და ზუსტ, თუ შეიძლება ასე ითქვას, მექანიზმის დადგენამდე მიიყვანა [13]. ევოლუციური პროცესის უნივერსალური მექანიზმი გადმორჩევა უნდა იყოს. გარდა ამისა, უნდა მივიღოთ, რომ ევოლუცია მის საფუძველში შემთხვევითი, სტოქასტიკური პროცესია და მისი ადაპტიურობაც შემთხვევითი ხდომილებების გადმორჩევის გზით ხორციელდება. გადმორჩევა კი ემყარება ახალი, შემთხვევით წარმოშობილი და აღმოცენებული ნიშან-თვისების გარემოს პირობებთან შესაბამისობას. თუ ახალი ნიშან-თვისება ესადაგება გარემოს პირობებს, ის მტკიცდება, შესაბამისი გენები შენარჩუნებული აღმოჩნდება, ხოლო თვით წი-

შან-თვისება კი მემკვიდრეობით გადაეცემა მომდევნო თაობებს. თუ ნიშან-თვისება არ შეესაბამება გარემოს პირობებს, შესაბამისი ინდივიდუუმები ილუპებიან; ხდება მათი და შესაბამისი ნიშან-თვისებებს ელიმინაცია, გამოთიშვა. არსებობს ე. წ. ნეიტრალურ ნიშან-თვისებათა ჯგუფი, რომლებიც ორგანიზმისათვის არც მავნეა, არც სასარგებლო. მათი შემთხვევითი ელიმინაციისა და შენარჩუნების ალბათობა, როგორც ჩანს, ტოლი უნდა იყოს [53]. უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოლოგიაში უპირატესად გავრცელებული აზრის თანახმად, ცვალებადობისა და ევოლუციურ პროცესებს, რომლებიც ორგანიზმთა ორგანიზაციის უცვლელი დონის პირობებში მიმდინარეობს (მიკროეოლუცია), აშკარად ადაპტაციური ბუნება აქვს და ისინი დარვინის მიერ დადგენილ კანონებს ექვემდებარება. ცნობილია, რომ მიკროეოლუცია ახალი სახის (სახეობის) წარმოშობით იფარგლება. თუმცა ბოლო დროს გამოთქმულია მოსაზრება მიკროეოლუციაში არაადაპტაციური, ნეიტრალური ცვლილებების როლის შესახებ. ამის თაობაზე თეორიაც კი შეიქმნა და მას „ნეიტრალობის თეორია“ ეწოდა [24].

გაცილებით უფრო რთული თეორიული ვითარება ისახება ევოლუციის იმგვარი პროცესებისათვის, რომელთა შედეგადაც ამა თუ იმ ორგანიზმის ორგანიზაციის დონის ცვლილება ხდება. საკმე ისაა, რომ ევოლუციის შედეგი ჩვეულებრივ ორგანიზაციის ამალღებაა. ორგანიზაციის დადაბლება კი (დეგენერაცია სევერტოვის მიხედვით [48]) ევოლუციის საერთო ტენდენციის მიმართ უმნიშვნელო ფლუქტუაციებად თუ შეიძლება მივიღოთ (ნახ. 16).

მიუხედავად ამისა, საკითხის გასაადვილებლად სახელმძღვანელოებში ხშირად გვხვდება მტკიცება, თითქოს ევოლუციის ძირითად კანონთაგანი სწორედ მისი შემთავრებითობაა, რაც რეგრესიული ევოლუციის არსებობაში გამოიხატება. ამგვარ მტკიცებას მასწავლებელი და სტუდენტები ხშირად შეცდომაშიც კი შეჰყავს. სინამდვილეში რეგრესიული ცვლილებები — 1. ყოველთვის კერძო ხასიათისაა და ორგანიზმთა ჯგუფის უფრო დაბალ გრადაში გადაყვანას არ იწვევს; ასეთია, მაგალითად, ბრტყელი და სხვა ჰიების გამარტივება პარაზიტიზმთან დაკავშირებით ან კაზუარებისა და სირაქლეების ფრთების რედუქცია და სხვა ამგვარი. ამგვარი რეგრესი-

ული ნიშან-თვისებები ევოლუციის ტენდენციას არ განსაზღვრავს.
 2. დეგენერაცია სევერტოვის მიხედვით ანუ რეგრესიული ცვლი-
 ლებები ყოველთვის ბრმა განშტოებებს იძლევა, მათ ევოლუციური
 პერსპექტივა არ აქვთ და ევოლუციის ძირითადი გეზისაგან განზე

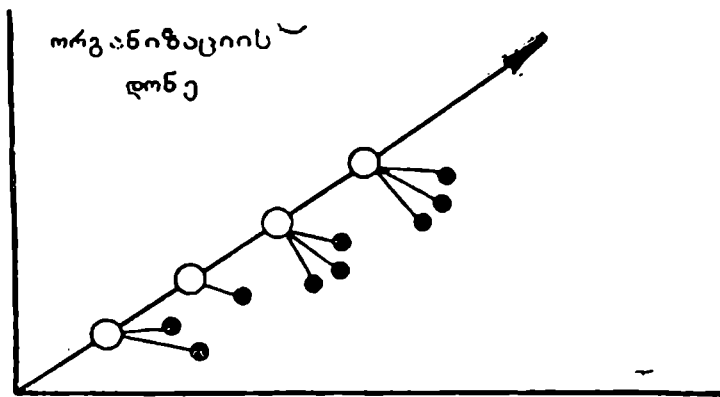


ნახ. 16. ევოლუციის პროცესში ორგანიზმების ორგანიზაციის დონის ცვლი-
 ლება. დიდი ისრით აღნიშნულია ორგანიზაციის სიმაღლის შეცვლის ზოგადი
 ტენდენცია, ხოლო მცირე ისრებით კი — უმნიშვნელო „უკან დაბრუნება“.

დგანან. ამგვარი დაკნინებადი განშტოებები არსებითად წელი ვა-
 დაშენების გზაზე არიან, თუმცა მოცემული პირობების ხანგრძლი-
 ვი უცვლელობისას ამგვარი რეგრესიული ცვლილებები, როგორც
 ყოველი ვიწრო სპეციალიზაცია, საკმაოდ საიმედოდ გამოიყურება.
 3. ალბათ ევოლუციის განხილვისას ჩიხის მსგავსი განშტოებები
 არც უნდა გავითვალისწინოთ. სათვალავეში მხოლოდ პირველადი,
 არქეტიპული ფორმებია მისაღები, რომლებსაც მეორადი ორგანი-

ზაციის ძირითადი ტიპისაგან (არქეტიპისაგან) გადახრები არ განუ-
ცლიათ (ნახ. 17).

ყველა ეს დებულება გადმოცემულია იმ თვალთახედვით, რომე-
ლიც თანამედროვე მეცნიერებაშია გავრცელებული და თანამედ-
როვე წარმოდგენებს ითვალისწინებს. სხვა კრიტერიუმების გამო-
ყენებისას სურათი შეიძლება ძირფესვიანად შეიცვალოს. ყოველ
შემთხვევაში, ორგანიზაციის დონის ამაღლება ევოლუციის პრო-



ნახ. 17. ევოლუციის პროცესის განხილვისას ამა თუ იმ ტაქსონის მხოლოდ
ძირითადი ფორმები (თეთრი წრეები) გაითვალისწინება, ხოლო ბრმა განშტო-
ებები (შავი წრეები) მხედველობაში არ მიიღება.

ცესში გაცილებით უფრო დიდი ალბათობით ხდება, ვიდრე ორგა-
ნიზაციის დონის დადაბლება. ამგვარად, ორგანიზაციის ორი საწი-
ნააღმდეგო მიმართულებით შეცვლა ტოლალბათი არ არის.

თუ ორგანიზაციის დონის ამაღლება ადაპტაციურია, ე. ი. ორ-
განიზმის შეგუებადობის გაზრდას ემსახურება, ყველაფერი გადარ-
ჩევის დარვინისეულ კონცეფციაზე დაიყვანება და სადავოც არა-
ფერი რჩება. არის კი ორგანიზმების ორგანიზაციის დონის (ანუ
როგორც ხშირად ამბობენ განვითარების დონის) ამაღლება ადაპ-
ტაციური და ეკოლოგიური უპირატესობის მომცემი?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად აუცილებელია განვსაზღვროთ,
თუ რა არის შეგუებადობა და რა ორგანიზაციის დონის ცვლილება.

4.5.1. ორგანიზმების შეგუებადობის განსაზღვრა. შეგუებადობა ევოლუციურ მოძღვრებასა და პოპულაციურ გენეტიკაში მეტად დამკვიდრებული ცნებაა. იგი შესაბამისად ფორმალიზებულია და რაოდენობრივ გამოსახვასაც ექვემდებარება. შეგუებადობა ჩვეულებრივად ისაზღვრება არა ცალკე ინდივიდუმისათვის, არამედ პოპულაციისათვის. უფრო გავრცელებულია შეფარდებითი შეგუებულობის ცნება.

შეფარდებითი შეგუებულობა განისაზღვრება იმ წვლილით, რომელიც შეაქვს გარკვეული გენოტიპის მქონე მშობელს შემდგომი თაობის შემადგენლობაში უმცირესი წვლილის შემტანი გენოტიპის მქონე ინდივიდუმთან შედარებით. ასე, თუ aa გენოტიპის მქონე ინდივიდუმის წვლილი ყველაზე მცირეა, მას მიეწერება რიცხვი — 1, ხოლო თუ AA გენოტიპის წვლილი 2-ჯერ მეტია, მისი შეფარდებითი შეგუებულობა 2-ის ტოლი იქნება, Aa გენოტიპისა — 3-ის, თუკი მისი წვლილი aa გენოტიპის წვლილზე 3-ჯერ მეტია და ა. შ. (იხ. [30 და 53]). თავისთავად ცხადია, შეიძლება გამოსავალ რიცხვად მაქსიმალური შეგუებულობა ავიღოთ. მიეწეროთ მას მნიშვნელობა 1, ხოლო დანარჩენი გენოტიპების შეგუებულობა კი წესიერი წილადებით გამოვსახოთ [30].

შეიძლება აბსოლუტური შეგუებულობაც ვიხმაროთ. საფუძვლად აქაც მომდევნო თაობა აიღება, ხოლო მასში გენოტიპების აბსოლუტური რაოდენობა ითვლება [53].

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ წესით გაანგარიშებული შეგუებულობა მხოლოდ პოპულაციაში ვლინდება, თუმცა თვით შეგუებულობა როგორც თვსება უფრო ცალარსისათვის (ინდივიდუმისათვის) არის დამახასიათებელი. სწორედ ამის გამო იქნებ შეგუებულობა უმჯობესია სხვაგვარად განისაზღვროს. ადვილი დასაშვებია, რომ ყოველი სახეობისათვის დამახასიათებელია ცალარსების სიცოცხლის ხანგრძლივობას რაიმე რეალური სიდიდე. ეს როდი ნიშნავს იმას, თითქოს ამა თუ იმ სახეობას ინდივიდუმები ყველა ამ სიდიდეს მიაღწევენ. პირიქით, სიცოცხლის ამგვარ ხანგრძლივობას ძალიან იშვიათად თუ მიაღწევს რომელიმე ინდივიდუმი. ეს მხოლოდ სიცოცხლის ხანგრძლივობის მაქსიმალური სიდიდეა, რომელსაც შეიძლება მიაღწიოს მოცემული სახეობის რომელიმე ინდივიდუმმა. თვით ეს სიდიდე კი ყოველი მოცემული სახეობისათვის:

სპეციფიკურია და გენეტიკურად განპირობებულია. მაშინ, რაც უფრო შეგუებული იქნება ინდივიდუმი გარემო პირობებს, მით უფრო მიახლოებული იქნება მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა სპეციფიკურ მაქსიმუმს. პოპულაციაში კი შეგუებულობის ზრდა მოცემული გენოტიპის მქონე ინდივიდუმების სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობის გაზრდას გამოიწვევს, რაც რეალურად შეიძლება იქნას აღრიცხული. როგორც ჩანს, არც ერთი ეს განსაზღვრება შეგუებულობას ზუსტად და სრულად ვერ ამოწურავს, მაგრამ ჩვენი შემდგომი მსჯელობისათვის ესეც საკმარისად მიმაჩნია.

4.5.2. ორგანიზმების ორგანიზაციის სიმალლის განსაზღვრა. წარმოდგენა ამა თუ იმ ორგანიზმის ორგანიზაციის სიმალლეზე ამჟამადაც საკმაოდ აღრეულია. ბოლო დრომდე ჩვენ ორგანიზაციის სიმალლის განსაზღვრისათვის თეორიული კრიტერიუმები კი არ გვქონია. ჯერ კიდევ ჩ. დარვინი [13] აღნიშნავდა, რომ „ორგანიზმების ორგანიზაციის შეფარდებითი ორგანიზაციის განსაზღვრა სრულიად უიმედო გარჯაა“. აქვე შედარებულია ერთმანეთს თევზი და ფუტკარი და უპირატესობა ფუტკარს ეძლევა კიდევ (თუმცა არა გადაკრით). ამასთან დაკავშირებით სხვადასხვა გვარისა და სახეობის შედარებისას ნათლად ნაჩვენები, რარიგ ძნელია გადაწყვეტა, თუ რომელია უფრო მაღალი ორგანიზაციის ორგანიზმი — ძელოვანი თევზები თუ ზვიგენები. თანამედროვე მეცნიერებაში ეს საკითხი ალბათ დაახლოებით იგივე მდგომარეობაში იმყოფება, როგორშიაც დარვინის დროს იყო. მართალია, ცალკეული კერძო ნიშან-თვისებების განხილვისას ჩვენ მეტ-ნაკლებად უშეცდომოდ შეგვიძლია გადაწყვიტოთ ამაღლა ამ ნიშან-თვისებამ მოცემული ორგანიზმის სიმალლე თუ არა. ასე მაგალითად, თბილისისბლიანობის (პოპოლიოთერმობის) აღმოცენებამ ამკარად ჯად აიყვანა სესაბამისი ორგანიზმები ახალ, უფრო მაღალ გრადაში [53], მაგრამ ორგანიზაციის სიმალლის სისტემური შეფასება კვლავაც საკმაოდ უსუსურად გამოიყურება. მართლაც, სრულყოფა შესაძლებელია სხვადასხვა ტიპისა და ფორმის იყოს. ასე, მაგალითად, ძალიან ძნელი სათქმელია, რომელი ორგანიზმებია უფრო ორგანიზებული, ძუძუმწოვრები, თუ ვთქვათ, მწერები. ეს დებულება ჩემი გამოგონილი როდია. ზოგიერთ უახლეს სახელმძღვანელოში გენეალოგიური ხის აგებისას ყვავილოვან მცენარეებს, ფეხსახსრიანებსა და ძუძუმწოვ-

რებს ორგანიზებულობის ერთ დონეზე ათავსებენ [71]. ნიშანდობ-
ლივია, რომ ამ გარემოებას დარვინიც აღნიშნავდა [13]. კიდევ ნე-
ტი, როგორც ქვევით დავინახავთ, ერთი და იგივე კლასის ფარგ-
ლებშიც კი ორგანიზმები შეიძლება ორგანიზაციის სხვადასხვა დო-
ნეზე იყვნენ განლაგებულნი. საკითხს ართულებს ისიც, რომ ზში-
რად ორგანიზაციის დონისა და სირთულის გაიგივება ხდება [53].
თუმცა, როგორც უკვე ვნახეთ (იხ. 1.4), ზოგჯერ გართულებას
ფუნქციური ღირებულება არ აქვს და ორგანიზაციის დონის ამა-
ღლებასაც არ იწვევს.

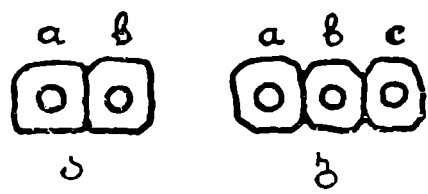
თეორიულად აქა თუ იმ ორგანიზმის ორგანიზაციის სიმძლავრის
განსაზღვრის აქ მოხსენიებული სიძნელეები ამეამად სრულიად
მოხსნილი და გაუქმებულია. მართლაც, ახლა ჩვენ შევიძინეთ
ნებისმიერი სისტემის ორგანიზებულობის ხარისხის საზომი. ამისათ-
ვის სისტემის ინფორმაციის მოცულობა (ოდენობა) შეიძლება გამო-
ვიყენოთ. სამწუხაროდ, ამგვარი გაზომვის პრაქტიკულად განსორციე-
ლება შეუძლებელია, ხოლო ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის
ოდენობის ზუსტი გაზომვა საერთოდ შეუძლებელია. მიუხედავად
ამისა, სხვადასხვა ფუნქციების ინფორმაციული წვლილის მიახ-
ლოებითი შეფასება რეალურია. რასაკვირველია, ზუსტი რიცხვე-
ბის გამოყენების შესაძლებლობა ამგვარ შემთხვევაში არ გვექნება.
„აგრამ „მეტისა“ და „ნაკლების“ საშუალებით მაინც შეიძლება
რაღაცას მივაღწიოთ.

უპირველესად ყოვლისა, უნდა საბოლოოდ შევთანხმდეთ, რომ
ჩვენ ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ოდენობის განსაზღვრისას
მივმართავთ სისტემის ფუნქციების რიცხვსა და ამ ფუნქციების ინ-
ფორმაციული წვლილის შეფასებას. სტრუქტურული სირთულე და
მრავალნაირობა, თუკი რამენაირად სისტემის ფუნქციების წარ-
მართვაში არ გამოიხატა, მხედველობაში არ მიიღება. სიადვილისა-
თვის ჩვენ მხოლოდ შედარებით ფართო მასშტაბის, ზოგად ფუნქ-
ციებს განვიხილავთ.

მაგალითისათვის მოვიყვანოთ რამდენიმე მათგანი.

მ რ ა ვ ა ლ უ ჯ რ ე დ ი ა ნ ო ბ ა — ეს, რასაკვირველია, ფუნქციო-
კი არა, თვისებაა, მაგრამ თვალსაჩინო თვისება და არ არის მიზან-
შეუწონელი მისი განხილვა ევოლუციურ-ინფორმაციული თვალსაზ-
რისაგან.

ზრისით. ცოცხალი სისტემების გამრავალუჯრედოვებას მათი სიმ-
ბიოზური შერწყმა უძღოდა წინ, რაც ამჟამად პროკარიოტებისაგან
ეუკარიოტების აღმოცენების წინასაფხურად არის აღიარებული
[32, 48]. ცხადია, ახალი ორგანოების წარმოქმნამ განსხვავებული
ფუნქციური სიტუაცია და, თუ შეიძლება ითქვას, პირ-
ველი ინფორმაციული ნახტომი განაპირობა. ერთუჯრედიანი ორგა-
ნიზმების კოლონიებად გაერთიანება, და მით უმეტეს, მრავალუჯრე-
დიან ორგანიზმად გადაქცევა მეორე ინფორმაციულ ნახტომს წარ-
მოადგენს. მართლაც, მაშინაც კი, როდესაც მრავალუჯრედიანი
ცოცხალი სისტემის უჯრედები აბსოლუტურად არ არიან დიფერენ-
ცირებული (რაც თავისთავად ხელოვნური ვითარებაა, რადგანაც
სინამდვილეში კოლონიური ორგანიზმის მრავალუჯრედიან ორგა-
ნიზმად გადაქცევა და მისი უჯრედების დიფერენცირება პარალე-



ნახ. 18. ჰიპოთეზურ ორუჯრედიან სისტემაში
ორივე უჯრედი (a და b) ერთნაირ ფუნქციურ მდგომარეო-
ბაშია, ხოლო სამუჯრედიან სისტემაში კი x უჯრედის
ფუნქციური მდგომარეობა განსხვავდება — მას უჯრედ-
ბი ორი მარტიდან ემეჩნება.

ლურად მიმდინარეობდა), სისტემაში ახალი ფუნქცია წარმოიშვე-
ბა. ეს უჯრედშორისი ურთიერთქმედებაა. გარდა ამისა, სისტემაში
არაერთგვაროვნების ხარისხი მატულობს. ეს გარემოება თავის
დროზე სტოუნმა აღნიშნა [106]. თუ წარმოვიდგინეთ ჰიპოთეზური
სამუჯრედიანი სისტემაც კი (ნახ. 18), ორუჯრედიანი სისტემისაგან
განსხვავებით, სადაც ორივე უჯრედი ერთსა და იმავე ფუნქციურ
მდგომარეობაშია, სამუჯრედიან სისტემაში b უჯრედი a და c უჯ-
რედებისაგან განსხვავებულ ფუნქციურ მდგომარეობაში მდებარე-
ობს. მრავალუჯრედიანობის ინფორმაციულ წვლილს დიდად ზრდის

უქრედების დიფერენცირება, რომელსაც სისტემაში ფუნქციების განაწილებაც მოჰყვება.

შემდეგი საყურადღებო, სისტემაში აშკარად დიდი ინფორმაციული წვლილის შემტანი ნიშან-თვისებაა აუტორიფულულობა. ამ დებულებას, ვფიქრობ, ბევრი მტკიცება არ სჭირდება.

ერთ-ერთ ინფორმაციული წვლილის შემომტან ნიშან-თვისებაზე უკვე გვქონდა საუბარი. ეს ე. წ. ჰომოიოთერმულობაა, რასაც აშკარად სისტემის ინფორმაციის გარკვეული სიდიდით ზრდა უნდა მოჰყოლოდა.

ძალიან დიდი ინფორმაციული წვლილი შეაქვს ცოცხალ სისტემებში ქცევითი რეაქციების უნარს. ჩვეულებრივად ქცევითი რეაქციების გართულება დაკავშირებულია ნერვული სისტემის გართულებასა, განვითარებასა და ჩამოყალიბებასთან. ამასთან, ნერვული სისტემის სხვადასხვა ტიპი შეიძლება ტოლი სირთულის ქცევით რეაქციებს განაპირობებდეს. თუ შევადარებთ უხერხემლოთა ნერვულ სისტემას ხერხემლიანთა ნებისმიერი კლასის ნერვულ სისტემას, მათ აგებულებას შორის დიდ სხვაობას დავინახავთ, მაშინ როდესაც ფეხსახსრიანთა და ჰლანარების ქცევაც კი თავისი მიზანშეწონილობით, ზოგჯერ ძუძუმწოვართა ქცევას არ ჩამოუვარდება. უნდა აღინიშნოს, რომ შეძენილ ქცევით რეაქციებს უფრო დიდი ინფორმაციული წვლილი შეაქვთ სისტემაში, რადგანაც მათი შესაბამისობა გარემოს პირობების ცვლილებებთან თანდაყოლილ რეაქციებთან შედარებით უფრო მეტია. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგჯერ ერთი კლასის და ერთი რიგის ორგანიზმებს შორისაც კი ქცევის სირთულეში დიდი სხვაობები შეიმჩნევა. ამიტომ ორგანიზაციის სიმალის შეფასებისას მიზანშეწონილია ერთმანეთს სახეობები შევადაროთ, ხოლო რაც შეეხება უფრო მსხვილ ტაქსონომიურ ჯგუფებს, რადგანაც ამ შემთხვევაში ინფორმაციის ოდენობის დიდ დისპერსიასთან გვექნება საქმე, აქ ზუსტ შედეგებს ალბათ ვერ მივიღებთ. თუმცა ზოგიერთი ამოცანის გადასაწყვეტად ამგვარი საშუალო სიდიდეების გამოყენება მაინც შესაფერისი შეიძლება. აღმოჩნდეს.

როგორც უკვე ითქვა, სწორედ ქცევითი რეაქციებია ცოცხალი სისტემების ულტრასტაბილობის (იხ. 3.1) ძირითადი საფუძველი. ამასთან, რაც უფრო მრავალფეროვანია და ადეკვატური სისტემის

პასუხები გარემოდან შემოსულ სიგნალებზე და რაც უფრო მგრძობიარეა ამ თვალსაზრისით სისტემა, ე. ი. რაც უფრო დიდია მისი გარჩევითობის უნარი გარემოს ზემოქმედებათა მიმართ, მით უფრო მაღალია (სხვა პირობების ტოლობისას) სისტემის ინფორმაციის ოდენობა.

ამ მხრივ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სისტემის უნარს — თვითონ „შეირჩიოს“ გარემოს პირობები, რასაც ის სივრცეში გადანაცვლებით ან გარემოზე აქტიური ზემოქმედების საშუალებით მიაღწევს (იხ. 3.1). ამგვარ რეაქციებში სისტემის, თუ შეიძლება პირობით ასე ითქვას, „ნებელობის“ ნიშნები ვლინდება. „ნებელობის“ ნიშანს თამამად ინფორმაციის მეტად დიდი სიდიდე შეიძლება მივაწეროთ, რასაც ჩვენი შემდგომი მსჯელობისათვის ერთგვარი მნიშვნელობა ექნება. აქვე უნდა დავძინო, რომ არჩევითი რეაქციების მრავალნაირობასაც უნდა მიექცეს ყურადღება. ცხადია, რამდენადაც დიდი იქნება ამგვარი რეაქციების ნაკრები, მით უფრო ადეკვატური იქნება პასუხი ყოველ მოცემულ შემთხვევაში, მით უფრო ნაკლები იქნება გარემოდან შემოსულ ყოველ სიგნალზე მოსული პასუხების რიცხვი, მით უფრო მეტი იქნება სისტემის ინფორმაცია.

ალბათ, დიდი ინფორმაციული წვლილის მატარებელი სხვა ნიშან-თვისებებიც შეიძლებოდა ჩამოგვეთვალა (ცოცხალშობადობა, პლაცენტური კვება და სხვა), მაგრამ დასასრულ კიდევ ერთ მოვლენას მოვიხსენიებ, რომელიც ხშირად დიდ დავასა და აზრთა აღრევას იწვევს. ეს ცხოველთა მიერ დაკარგული ნაწილების აღდგენა-რეგენერაციაა. ცნობილია, რომ სხვადასხვა ცხოველს რეგენერაციის სხვადასხვა უნარი აქვს. მაგრამ ეს სხვადასხვაობა თვით რეგენერაციის განსაზღვრებაზეც შეიძლება იყოს დამოკიდებული. ასე, მაგალითად, პოლექაევი [42] რეგენერაციად მხოლოდ დაკარგული ნაწილის „ფორმისა და სტრუქტურის, და არა უბრალოდ მასის“, აღდგენას თვლის. უფრო სწორი იქნებოდა რეგენერაციის შეფასებისათვის აღდგენილი ნაწილის სპეციფიკური ფუნქციური შესაძლებლობანი გამოგვეყენებინა. ამგვარად მსჯელობისას, მაგალითად, თავის ან ძალის ღვიძლის რეგენერაცია, ან ძუძუმწოვრების თირკმლის კომპენსატორული ჰიპერტროფია (იხ. 52; 45; 56) მაინც რეგენერაციას უნდა მივაკუთვნოთ, რადგანაც

ქსოვილოვანი მასის აღდგენასთან ერთად მისი ფუნქციური ეკვივალენტიც აღდგება. რომ რეგენერაციის მოვლენის განსაზღვრებას მნიშვნელობა აქვს, მკაფიოდ გამოჩნდება რეგენერაციული უნარის სხვადასხვაგვარობის მიზეზების თაობაზე წამოყენებული ჰიპოთეზებისა და თეორიების მოკლე განხილვისას. უფრო ვრცლად მკითხველმა ეს შეიძლება პოლუეჟაევის [41] ნაშრომებში იპოვოს.

აღბათ, ამგვარ შეხედულებათაგან ყველაზე ძველი, საკმაოდ გულუბრყვილო, მაგრამ არცთუ სავსებით უსაფუძვლო ისაა, რომლის მიხედვით ცხოველის რეგენერაციის უნარი მით უფრო მაღალია, რაც უფრო დაბალია მისი ორგანიზაციის დონე [35]. ეს შეხედულება ამჟამადაც ფეხმოკიდებულია და ხშირადაც შეუფერებელი დარწმუნებით გამოითქმება ხოლმე. ერთი შეხედვით ეს მართლაც ასე ჩანს. უხერხემლო ცხოველებში (ღრუბლები, ნაწლავ-ღრუიანები, ბრტყელი და რგოლოვანი ქიები და სხვა) რეგენერაციის უნარი მართლაც სრულიად საოცარია. მაგრამ ამ გზაზე კვლავ და კვლავ ორ სიძნელეს ვხვდებით. პირველი უკვე ვახსენეთ ზევით. ძნელი სათქმელია, რომლის ორგანიზაციის დონეა უფრო მაღალი, პლანარიისა თუ მრგვალპირიანის. მეორე სიძნელე კი იმაში მდგომარეობს, რომ ორგანოთა რეგენერაციის საოცარი უნარი ზოგ ხერხემლიანსაც აქვს. ასეთია კუდიანი ამფიბიები. ამავე დროს, უკულო ამფიბიების, ყოველ შემთხვევაში მოზრდილ, პოსტმეტამორფოზულ ფორმებს, რეგენერაციის უნარი მეტად დაბალი აქვს. ხშირად გაიგონებთ მტკიცებას, თითქოს რეგენერაციული უნარის სხვაობის მიზეზი უკულო ამფიბიების უფრო მაღალი ორგანიზაციაა, რაც მთელ რაგ მორფოლოგიურ ნიშან-თვისებაში გამოიხატება. მაგრამ აშკარაა, რომ არც ერთი ამ ნიშან-თვისებათაგანი ისეთი არ არის, რომ უკულო ამფიბიები კუდიან ამფიბიებთან შედარებით უფრო მაღალ გრადამში მოვათავსოთ და რეგენერაციული უნარის სხვაობას რაოდენობრივად შეესაბამებოდეს. ესეც რომ არ იყოს, როგორც უკვე ვნახეთ, ორგანიზაციის სიმალის განსაზღვრა გაცილებით უფრო ფაქიზი საქმეა, ვიდრე ხშირად ფიქრობენ და ძალიან ვეჭვობ, რომ ყველა მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისების გათვალისწინებისას (მაგალითად, რეაქტიულობა, ქვევითი აქტივობა) უკულო ამფიბიებს ორგანიზაციის დონის სიმალეში რაიმე უპირატესობა აღმოაჩნდეთ. რაღა უნდა ვთქვათ კუდიან ამფი-

ბიებზე და მთელ რიგ უხერხემლო ცხოველებზე, რომელთა რეგენერაციის უნარი მეტ-ნაკლებად ტოლია. ამას დაემატება ისიც, რომ, თუკი ქსოვილის მასისა და შესაბამისი სტრუქტურის ფუნქციის აღდგენის ყველა შემთხვევა რეგენერაციად ვიგულებთ (იხ. ზემოთ), ხშირად ძუძუმწოვრების რეგენერაციული უნარი გაცილებით უკეთესი ჩანს, ვიდრე უკუდო ამფიბიებისა, ფრინველებისა და ქვეწარმავლების. ამის მაგალითს მღრღნელების (და ძაღლის) ღვიძლისა და თირკმლის რეგენერაცია წარმოადგენს.

აშკარაა, რომ რეგენერაციულ უნარსა და ორგანიზაციის სიმალწესს შორის ზუსტი კორელაცია არ არსებობს [35].

მიზანშეწონილი უნდა იყოს აქ ორი შემთხვევის გარჩევა. თუ სისტემა (ორგანიზმი) მცირედაა დიფერენცირებული, მისი სხვადასხვა ნაწილები და უჯრედები პოტენციურად ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან და ადვილად გადადიან ერთმანეთში (ლრუბლები, ნაწლავდრუიანები და სხვა). დაკარგული ნაწილი, ცხადია, ადვილად შეიცვლება დარჩენილი უჯრედების ნებისმიერი ჯგუფით; ამგვარი ორგანიზმის რეგენერაციული უნარი მაღალია, მას თვით სისტემის სიმარტივე განაპირობებს და ამგვარ რეგენერაციას ბევრი ინფორმაცია არ დასჭირდება. მაგრამ თუ სისტემა (ორგანიზმი) საკმარისად დიფერენცირებულია, მისი ერთი ნაწილი მეორეთი ძნელად შეიცვლება და თვით აღსაღგენი ნაწილები სტრუქტურულად რთულია (უკუდო ამფიბიები, პლანარიები, ნაწილობრივ თევზები), რეგენერაციის მაღალი უნარის უშუალო მიზეზი ორგანიზაციის დაბალი დონე ველარ იქნება, ხოლო თვით ეს პროცესი ამ შემთხვევაში დიდძალ ინფორმაციას მოითხოვს.

არსებობს კიდევ ერთი თვალსაზრისი, რომლის მიხედვით რეგენერაციის უნარი ყველა ცხოველს აქვს, ხოლო ზოგ შემთხვევაში მხოლოდ მისი რეალიზაციაა დათრგუნული [42]. ამ შეზღუდულებას თავისი გამართლება აქვს. მთელ რიგ შემთხვევებში უკუდო ამფიბიების [41; 42; 64; 103] და ძუძუმწოვრების [27] კიდურების რეგენერაციის გამოწვევა ხერხდება.

თუ ეს თვალსაზრისი გავიზიარებთ, უნდა მივიღოთ, რომ რეგენერაციის უნარს ორგანიზმის ორგანიზაციის სიმალწესის განსაზღვრაში საერთოდ არავითარი წვლილი არ შეაქვს და არც ორგანიზაციის დონის მაჩვენებელ კრიტერიუმად გამოდგება.

4.5.8. ცოცხალი სისტემების ევოლუციის პროცესში ორგანიზაციის ამალღების ბუნება. ამ განაკვეთის დასაწყისშივე ითქვა, რომ ევოლუციის პროცესში ცოცხალი სისტემების ორგანიზაციის თანმიმდევრული ამალღება სდება. ყოველ შემთხვევაში, ამგვარი ცვლილების აღბათობა გაცილებით უფრო დიდია, ვიდრე პირუკუ პროცესის, თუკი უკანასკნელს საერთოდ აქვს ადგილი ბუნებაში. აღინიშნა მცირე „ჩავარდნებიც“, რომელთაც ევოლუციის საერთო ვეზისათვის არ აქვს მნიშვნელობა (იხ. 4.5), ევოლუციას პროგრესული ხასიათი აქვს. ლამარკი ადვილად ართმევდა თავს ამ პრობლემას. მისი აზრით, სრულყოფისაკენ სწრაფვა ცოცხალი ორგანიზმების იმანენტური თვისებაა [28]. მაგრამ თანამედროვე მეცნიერებას მოვლენების იდეალისტური ახსნა ჩვეულებრივად არ აკმაყოფილებს და ამ მხრივ არც ლამარკის მოხსენიებული დებულება იყო გამონაკლისი. უკვე დარვიანს ეს ლამარკისეული დებულება ლამის სიცილს გვრიდა. თვით დარვიანმა კი ორგანიზაციის დონის ამალღებას ადაპტაციის, შეგუების პროცესი დაუდო საფუძვლად [13]. სამწუხაროდ, საკმაოდ მალე გაირკვა, რომ ლამარკის მიმართ ირონიული დამოკიდებულება ერთობ ნაადრევია და უსაფუძვლოა, ხოლო ცოცხალი სისტემის ორგანიზაციის ხარისხის ამალღების ადაპტაციური ხასიათი კი საეჭვოა. აღბათ არავისთვისაა დაფარული ის, რომ დარვიანისეული „ბრძოლა არსებობისათვის“ საკმაოდ შევარდებითი ცნებაა და მისი უნივერსალობის აღიარება გულუბრყვილობა იქნებოდა.

თუ ევოლოგიურ ასპექტს მივმართავთ, საქმე კიდევ უფრო გართულებდა. მართლაც, ბიოცენოზი უმრავლესად ორგანიზაციის სხვადასხვა სიმადლის კომპონენტებს შეიცავს, ხოლო ისინი ერთმანეთთან მკიდროდ არიან დაკავშირებულნი. როგორც ჩანს, ბიოცენოზის კომპონენტების პირობებთან შეგუების ხარისხი დაახლოებით ერთნაირი უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში კი ბიოცენოზი მოქმედი თვითრეგულაციის პროცესები დაირღვეოდა და თვით ბიოცენოზი დაიშლებოდა. ბრძოლა არსებობისათვის აქ მეტად გიწრო მნიშვნელობას იძენს. ეს ცნება მხოლოდ ერთი ევოლოგიური ნიშისათვის არასაპართლიანი. ეს ე. წ. კონკურენტული ურთიერთობაა და ურთიერთობის ეს ფორმა ევოლოგიურ ურთიერთობებს, რასაკვირველია, სულაც არ ამოწურავს. პირიქით, აღბათ

გაწონასწორებული, სტაბილური ბიოცენოზისათვის კონკურენტული ურთიერთობა ხელსაყრელი ვერ იქნება სარეგულაციო პროცესების გამუდმებული დაძაბვისა და ფორმიდან ფორმაზე გადართვის გამო. ამგვარად, ბიოცენოზი წარმოადგენს სხვადასხვა ხარისხით ორგანიზებული კომპონენტების თვითრეგულირებად ერთობლიობას, რომელთაგან ყოველი ერთნაირად აუცილებელია, განაპირობებს ყოველი ბიოცენოზის შემადგენელი კომპონენტის არსებობას და, მაშასადამე, მრცემული პირობებისადმი ისეთივე შეგუებულობას იჩენს, როგორც ბიოცენოზის ყველა დანარჩენი კომპონენტები.

უფრო ჩვეულ და, თუ შეიძლება ასე ითქვას, კერძო ასპექტშიც ცხადია, რომ ორგანიზაციის ამაღლება დიდ შეუუბებელ უპირატესობას არ იძლევა. ძნელი სათქმელია, რომელი ორგანიზმია უფრო შეგუებული, ბაქტერია, თუ რომელიმე უმაღლესი ძუძუმწოვარა ცხოველი (წარმოიდგინეთ, ადამიანის ჩათვლით). არიან კი პომოიოთერმული ორგანიზმები უკეთესად შეგუებულები გარემოს, ვიდრე პოიკილოთერმული ცხოველები? ცნობილია, რომ პომოიოთერმულობა ენერგეტიკული ხარჯების თვალსაზრისით მეტად ძვირად უჯდებათ ამ თვისების მქონე ცხოველებს. გაუგებარია, იძლევა კი რაიმე გადამწყვეტ მოგებას უმაღლესი ხერხემლიანების ურთულესი იმუნოლოგიური სისტემა სხვა ორგანიზმებთან შედარებით, რომლებსაც თავდაცვის სისტემა უფრო მარტივი აქვთ? მრავალი ადგვარი მაგალითის მოყვანა შეიძლებოდა, მაგრამ, ვფიქრობ, ესეც საკმარისია დაბეჯითებით ვამტკიცოთ, რომ ორგანიზმების პროგრესულ ცვლილებებს საფუძვლად შეგუების პროცესი არ უღვევს, ხოლო მათი ორგანიზაციის ამაღლებას ადაპტაციური მნიშვნელობა არ აქვს.

დიდად დაგვეხმარებოდა, ცოცხალი სისტემების ორგანიზაციის ამაღლებას სტოქასტიკური ხასიათი რომ ჰქონოდა, მაგრამ, როგორც უკვე ითქვა, ფაქტები ამ მოსაზრების წინააღმდეგ მეტყველებენ. ამ მოსაზრების დასაბუთებისათვის საჭიროა ვიპოვოთ ევოლუციის პროცესში ორგანიზაციის სიმაღლის არსებითი შემცირების ერთი ფაქტი მაინც.

ევოლუციური მოძღვრების შესაბამისი ლიტერატურის ღრმა ცოდნით თავს ვერ გამოვიდებ, მაგრამ მაინც ნიშანდობლივად მი-

მაჩნია, რომ ცოცხალი სისტემების ევოლუციის პროცესში ორგანიზაციის ამაღლების ჰიპოთეზა ერთის მეტი არ შემხვედრია. ეს ჰიპოთეზა ფრანგმა ტოპოლოგმა — რ. ტომმა — წამოაყენა. თუმცა თვით ავტორი აღიარებს — „აღბათ ისიც იდეალისტურად ჩაითვლებათ“ — [54]. ტომი ტოპოლოგიურ სისტემას მოიხმარს. მისი ჰიპოთეზა (მეტად შემოკლებული და გამარტივებული სახით) შემდეგში მდგომარეობს. ბიოლოგიურ ობიექტებს ტომი სრულიად გარკვეულ ფორმალურ სტრუქტურებს აწერს. ეს სტრუქტურები გეომეტრიული ერთეულებია, რომლებიც განსაზღვრავენ ერთადერთ შესაძლებელ ფორმას, რომელთანაც მიგვიყვანს თვითრეპროდუქციის სისტემა მოცემულ გარემოში. ეს „საკუთარი ფორმები“ ერთი მხრივ განაპირობებენ საკუთარი თავის არსებობას, ხოლო მეორე მხრივ იზიდავენ სხვა უკვე არსებულ ფორმებს [54]. ამგვარად წარმოიქმნება ერთგვარი აუცილებლობა გარკვეულ ფორმათა ერთობლიობის წარმოქმნისა.

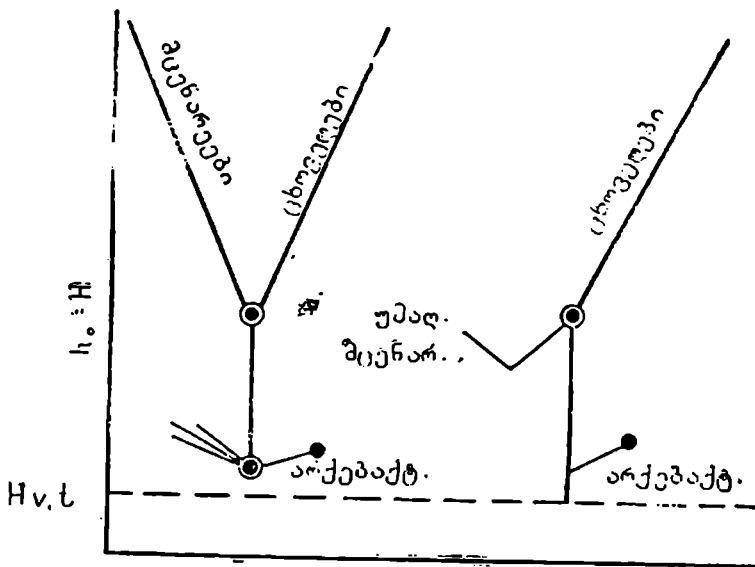
ეს ჰიპოთეზა თავს ვერ აღწევს იდეალიზმს. რადგანაც მთელი სამყაროს მიმართ და, კერძოდ, ბიოლოგიური სამყაროს მიმართ, განსაზღვრული გეგმის არსებობას გულისხმობს. პრობლემა გადაუჭრელი რჩება.

ყოველი შემთხვევისათვის, მინდა დავძინო, რომ ჩვენი პრობლემის გადასაჭრელად ვერც ბოლო დროს წამოყენებული ნეიტრალობის ევოლუციური მოძღვრება [24] გამოდგება, რადგანაც იგი მთლიანად სტოქასტიკური ხასიათის მოლეკულურ პროცესებს ემყარება და მისგან ორგანიზაციის ამაღლების უპირატესი ალბათობა ვერ გამოიყვანება.

პრობლემის ახსნას გაადვილებდა, ევოლუციის ორივე მხარეს მიმდინარეობის მიახლოებითი ტოლალბათობა რომ დამტკიცებულიყო. მაშინ გასაგები გახდებოდა, რომ 1. ევოლუციის მიმართულების (პროგრესიული თუ რეგრესიული) ხასიათის არჩევას შემთხვევითი ხასიათი აქვს და 2. რაიმე პროგრესიულ ან რეგრესიულ ნიშან-თვისებათა განმტკიცებას და დაგროვებას გადარჩევისა ან (აღბათ უფრო იშვიათად) ნეიტრალობის პრინციპი უძევს საფუძვლად. ამგვარ შემთხვევაში უნდა აღმოჩენილიყო წინა განაკვეთებში (განსაკუთრებით 4,5-ის შესავალ ნაწილში) გადმოცემული ჩემივე მტკიცების მცდარობა და ისიც, რომ პროგრესიულ ევოლუციის

ალბათური უპირატესობა სრულიად მოჩვენებითია. ეს კი ევოლუციას მისტიკურობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნიშანს ჩამოაცილიდა.

შევეცადოთ გავანალიზოთ ევოლუციის ზოგიერთი ფრაგმენტი ცოცხალი სისტემების ინფორმაციის ოდენობის თვალსაზრისით. შევადაროთ ერთმანეთს ორი ევოლუციური შტო, რომელიც ჩვეუ-



ნახ. 19. ევოლუციის პროცესში ორგანიზმების ორგანიზაციის ამაღლების ორი ვერსია. ა — ცხოველებისა და მცენარეების ორგანიზაცია დაახლოებით ერთ სიმაღლეს აღწევს; ბ — მცენარეები გაცილებით ნაკლებ ორგანიზაციის სიმაღლეს აღწევენ, ვიდრე ცხოველები. სისტემის ორგანიზაცია განისაზღვრება მასში დაბანდებული ინფორმაციის (H) ოდენობით; $Hvit$ — ცოცხალი სისტემის მინიმალური ინფორმაციაა (იხ. 2.1). ევოლუციის დინამიკა ნახატზე გათვალისწინებული არ არის, ხოლო თვით პროცესი «გენეალოგიური ხის» სახითაა გადმოცემული.

ლებრივად ტოლფასად ითვლება, მაგრამ თვალსაჩინოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ეს ცხოველური და მცენარეული სამყაროებია. ამჟერად მცენარეების განხილვისას მე მხოლოდ იმ ევოლუციურ განშტოებას განვიხილავ, რომელმაც ე. წ. უმაღლესი მცენა-

რეების განვითარებამდე მიგვიყვანა (იხ. მაგალითად, [78]). ცხოველებისა და მცენარეების ევოლუციას უფრო ხშირად ერთი ძირიდან წამოსული ორი შტოს სახით გამოხატავენ (იხ. ნახ. 19). თუ ნახაზი გამოხატავს ორგანიზაციის სიმალლეს, მიღებული მოსაზრებების მისედებით ორივე შტო დაასლოცებით ერთ სიმალლეს აღწევს. თუკი აღამიანს უკუღებელყოფთ. ამგვარი გამოსახვა მოვლენათა ინტუიციურ გაგებას აშკარად ეწინააღმდეგება. ძნელი დასაჯერებელია, რომ მუხა, ბაობაბი თუ ვარდი ისეთივე ნაირად სრულყოფილია ორგანიზაციის თვალსაზრისით, როგორც ძუძუმწოვრები ან ფრინველები. მაშინ ევოლუციის პროცესის გრაფიკული გამოსახულება ერთგვარად იცვლის სახეს (ნახ. 19) ძირთან ახლოს ძირითად შტოს არქებაქტერიები გამოეყოფა. მაგრამ აქ ორგანიზმების ამ უალრესად საინტერესო ჯგუფზე არ შევჩერდებით. არ განვიხილავ, ასევე, სხვა პროკარიოტებსაც, ბაქტერიების ჩათვლით და ამგვარად ევოლუციის რთულ სურათსაც ერთგვარად გაამარტივებ.

ახლა შევეცადოთ შევადაროთ მცენარეებისა და ცხოველების ორგანიზმის ინფორმაციის ოდენობა. როგორც ითქვა, მრავალუჯრედოანობის შექმნისას ცოცხალმა სისტემებმა „ინფორმაციული ნახტომი“ ვანიცადეს, რადგანაც ყველა ფუნქციის შენარჩუნებისას ახალი ფუნქცია — უჯრედშორისი ურთიერთობანიც შეიძინეს.

გავადევნოთ თვალი ევოლუციის შემდგომ მიმდინარეობას. ყურადღებით დაკვირვებისას აშკარა ხდება, რომ მცენარეებისა და ცხოველების ევოლუციური ბედ-იღბალი საკმაოდ განსხვავებულია. როგორც ჩანს, განშტოების წერტილად რაღაც კოლონიური ან პრიმიტიული მრავალუჯრედიანი უნდა ვიგულოთ (შესაძლოა, რაღაცა ვოლვოქსის მსგავსი). ამგვარი ორგანიზმის ორგანიზაციის დიდი ინფორმაციული წვლილის შემტანი ორი ნიშან-თვისებაა გასათვალისწინებელი: ეს აუტოტროფია და „ნებელობის“ ნიშანია. უკანასკნელი ორგანიზმის სივრცეში აქტიური და თავისუფალი გადანაცვლების უნარში გამოიხატება. ცხოველები აუტოტროფულობას კარგავენ, ეს დანაკლისი კარბადაა ანაზღაურებული მრავალი სისტემით, როგორიცაა ნერვული სისტემა, ენდოკრინული სისტემა,

იმუნური სისტემა და ა. შ. მართალია, ჰორმონები მცენარეებსაც აქვთ, მაგრამ მათი გამომუშავებული უჯრედების ჯგუფები არ არიან ორგანიზებული მთლიან მაინტეგრირებელ სისტემად. ნერვული სისტემის განვითარება განაპირობებს „ნებელობის“ ნიშნის გაძლიერებას და საბოლოო ჯამში ცხოველის მიერ ულტრასტაბილობის შენარჩუნების უნარის გამომუშავებას (იხ. 3.1). ულტრასტაბილობა, როგორც ზევით ითქვა, გამოიხატება ცხოველის მიერ გარემოს თავის საჭიროების შესაბამისად შეცვლაში. რთული ქცევითი რეაქციების აღმოცენებას განსაკუთრებით დიდი ინფორმაციული წვლილი შეაქვს ცოცხალ სისტემაში. ამრიგად, ცხოველური ორგანიზმების ევოლუციის პროცესში ინფორმაციის ზრდა და, მაშასადამე, ორგანიზაციის დონის ამაღლება საკმაოდ აშკარაა.

სულ სხვანაირადაა საქმე მცენარეებში. მართლაც, მცენარეებმა შეინარჩუნეს აუტოტროფია, მაგრამ სრულიად დაკარგეს „ნებელობის“ ნიშნები, რაც რაიმე ქცევით რეაქციებში უნდა გამოხატულიყო, ცხოველების სატრანსპორტო სისტემები (სისხლისა და ლიმფის მიმოქცევა) კი გაცილებით უფრო დახვეწილია, ვიდრე მცენარეებში. სივრცეში თავისუფალი, აქტიური გადაანაცვლების უნარის დაკარგვა სისტემის ინფორმაციის მკვეთრ შემცირებას იწვევს. ამგვარად, მცენარეების ევოლუციურ ხაზს თან ახლდა ინფორმაციის შემცირება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მცენარეების ორგანიზაციის დონე მათი პრიმიტიული მრავალუჯრედიანი წინაპრის ორგანიზაციის დონეზე დაბალია. მაშასადამე, ევოლუციის პროცესში არ არის აუცილებელი ორგანიზაციის დონის ამაღლება, თუკი სისტემის ნიშან-თვისებები გარემოს პირობებს არ უპირისპირდება. ამგვარი ვითარება შეიძლება ნახ. 19-ზე მოცემული სახით გამოისახოს. საფიქრებელია, რომ რაღაც ჰიპოთეზურ ეტაპზე მცენარეების ორგანიზაციის დონეც ერთგვარად ამაღლდა, მაგრამ ეს შეიძლებოდა შემთხვევითაც მომხდარიყო.

უნდა ითქვას, რომ „ევოლუციური ჩავარდნის“ მხოლოდ ერთი ფაქტი ვერანაირ თეორიას მაინცდამაინც მტკიცე საფუძველს ვერ შეუქმნის. ამ მიმართულებით ბევრი ფიქრია საჭირო. თუმცა, თუ ბრტყელი ჭიების „არქეტიპად“ პლანარიები მივიღეთ, რაც უსაფუძვლო სულაც არ იქნება, კიდევ ერთ „ევოლუციურ ჩავარდნას“ მივაგნებთ. გავიხსენოთ პლანარიების რთული და ზუსტი ქცევითი

რეაქციები, რომლებიც პლანარების ორგანიზმის ინფორმაციის დიდი მოცულობის მაჩვენებელია და ვინ იცის, იქნებ ლამის ნახევრად ქორდიანებამდე ორგანიზაციის დონის დადაბლება შეგვჩვენებს ხელში. თუ უფრო კომპეტენტურმა ანალიზმა ჩემი თამამი მოსაზრებები დაადასტურა, ლამარკის „სრულყოფისაქენ სწრაფვის“ პრინციპს ნიადაგი სრულიად გამოეცლება. ცხადია, მკითხველმა ალბათ თვითონაც შეამჩნია, რომ ჩემს მიერ ზევით საგულდაგულოდ აგებული კონსტრუქცია, რომელიც ევოლუციის განუხრეველ პროგრესიულობას ასაბუთებდა, მე ჩემი ხელითვე დავანგრეე, თუმცა აქ გადმოცემული მოსაზრებები საბოლოოდ დამტკიცებულად ჩერჩერობით ვერ ჩაითვლება და მხოლოდ ფიქრისა და მსჯელობის მასალად უნდა ვიგულოთ.

ნაშრომში შეიძლება ბევრი შეცდომებიც იყოს და ზედმეტად თამამი მოსაზრებებიც. იქნებ არც ახალი იყოს რაიმე. ჩემს ძირითადი მიზანი იყო მეჩვენებინა ბიოლოგიაში მკვიდრი აქსიომების შემოღების აუცილებლობა და ამ აქსიომებზე დაყრდნობით ზოგადი დასკვნების გამოტანის შესაძლებლობა. ამ წიგნს კიდევ ერთი მიზანი ჰქონდა. თუმცა რაოდენობრივი კატეგორიების ბიოლოგიაში შემოტანის საპირობებაში არავის ეპარება ექვი, მე მაინც მინდოდა ხაზი გამესვა რაოდენობრივი კრიტერიუმების გამოყენების შესაძლებლობისა და მიზანშეწონილობისათვის ზოგადი თეორიის შესაქმნელად. თუ ჩემმა მსჯელობამ ვისმეს თეორიული ბიოლოგიის დამუშავებაში მონაწილეობის სურვილი აღუძრა და ჩემს დებულებებთან შეკამათების შედეგად საკუთარი მოსაზრებები აღმოუცენა. ჩემი შრომის შედეგს დამაკმაყოფილებლად ჩავთვლი.

1. Аптер М. — Кибернетика и развитие, «Мир», М., 1970.
2. Белоусов Л. В. — Введение в общую эмбриологию, Изд. МГУ, М., 1980.
3. Белоусов Л. В. — Проблемы эмбрионального морфогенеза, В сб.: Математическая биология развития, «Наука», М., 102—111, 1982.
4. Белоусов Л. В., Чернавский Д. С., Соляник Г. И. — Приложение синергетики к онтогенезу (о параметрическом управлении развитием), Онтогенез, 16, 3, 213—228, 1985.
5. Блюменфельд Л. А. — Предисловие к книге Г. Каствера «Возникновение биологической организации», «Мир», М., 1967.
6. Бриллюэн Л. — Наука и теория информации. Гос. изд. физико-математической литер., М., 1960.
7. Васильев В. А., Романовский Ю. М., Чернавский Д. С. — Элементы теории диссипативных структур: связь с проблемами структурообразования. В сб.: Математическая биология развития. «Наука», М., 82—101, 1982.
8. Газарян К. Г., Белоусов Л. В. — Биология индивидуального развития животных, «Высшая школа», М., 1983.
9. Гамбург К. З. — Информационные аспекты индивидуального развития, Онтогенез, 3, 5, 443—447, 1972.
10. Геодакян В. А., — Организация систем живых и неживых. В сб.: Системные исследования. «Наука», 49—62, 1970.
11. Геодакян В. А. — Концепция информации и живые системы. Журн. общ. биол., 36, 336—347, 1975.
12. Гудвин Б. — Временная организация клетки, «Мир», М., 1966.
13. Дарвин Ч. — О происхождении видов, С. — Петербург, Изд. А. И. Глазунова, 1864.
14. Жипкин Л. Н. — Дифференциация и продолжительность жизни клеток. Руковод по цитологии, «Наука», М — Л, 2, 550—574, 1966.
15. Де Робертис Э., Новинский В., Саэс Ф. Биология клетки, «Мир», М., 1973.

16. Зотин А. И. — Термодинамическая теория развития и роста животных. Сб.: Вопросы биофизики и теоретич. биологии, Тбилиси. Изд. ТГУ, 2, 45—56, 1969.
17. Зотин А. И. — Теоретический подход к проблемам развития, роста и старения, «Наука», М., 1974.
18. Зотин А. И. (редактор) — Термодинамика биологических процессов «Наука», М., 1976.
19. Зотин А. И. (редактор) — Термодинамика и кинетика биологических процессов, «Наука», М., 1980.
20. Зотин А. И. (редактор) и Престов Е. В. — Математическая биология развития, «Наука», М., 1982.
21. Зотин А. И., Прокофьев Е. А., Зотина Р. С. — Использование упорядоченности в качестве критерия дифференцировки. В сб. Математическая биология развития, «Наука», М., 78--82, 1982.
22. Зуссман М. — Биология развития, «Мир», М., 1977.
23. Каствлер Г. — Возникновение биологической организации. «Мир» М., 1967
24. Кимура М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности «Мир», М., 1985
25. Кворре А. Г. — Рецензия на книгу Г. Д. Тумашвили и Н. В. Саламатинной «Рост, дифференцировка и взаимодействие клеток «Мецнереба», Тбилиси, 1973, Арх. Анат. 70, 1, 115—120, 1976.
26. Косса П. — Кибернетика, «ИЛ», М., 1958.
27. Кудкоцев В. П. — Стимуляция регенерационного процесса конечности млекопитающих действием тканевого экстракта. Научн. докл. высш. школы, Биологич. науки, 3, 40—43, 1964.
28. Ламарк Ж. Б. — Философия зоологии, т. 1, Гос. изд. биологии, и мед. литературы, М.—Л., 1935.
29. Лампрехт И. — Диссипативные структуры в физике, химии и биологии. В сб.: Термодинамика биологических процессов, «Наука» М., 175--185, 1976.
30. Ли Ч. — Введение в популяционную генетику, «Мир», М., 1978.
31. Либберт Е. (редактор) — Основы общей биологии, «Мир», М. 1981
32. Лонашов Г. В., Звонадзе К. Г. — Механизмы трансдифференцировки и их отношение к индукции и компетенции. Онтогенез, 15, 4, 339—347, 1984.
33. Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки, «Мир», М., 1983.
34. Медников Б. М. — Аксиомы биологии, «Знание», М., 1982.
35. Меттсон П. — Регенерация — настоящая и будущая, «Мир», М. 1982.

36. Моль А. — Теория информации и восприятия. «Мир», М., 1966.
37. Нейман фон Дж. — Общая и логическая теория автоматов. Сб. Может ли машина мыслить? ИЛ, 1968.
38. Нейфах А. А. — Только ли ДНК определяет развитие организма? Онтогенез, 16, 1, 15—25, 1985.
39. Нейфах А. А., Лозовская Е. К. — Гены и развитие организма «Мир», М., 1984.
40. Патти Г. — Физическая основа кодирования и надежность в биологической эволюции. В сб.: На пути теоретической биологии. I. Прологомены, «Мир», М., 69—91, 1970.
41. Полежаев Л. В. — Утрата и восстановление регенерационной способности органов и тканей у животных. «Наука», М., 1969.
42. Полежаев Л. В. — Две теории утраты и восстановления регенерационной способности конечностей у позвоночных. Изд. АН СССР, серия биол. н., 2, 219—229, 1985.
43. Пригожин И. — Введение в термодинамику необратимых процессов. «ИЛ», М., 1960.
44. Розен Р. — Принцип оптимальности в биологии. «Мир», М., 1969.
45. Романова Л. П. — Регуляция восстановительных процессов. Изд. МГУ, 1984.
46. Рьюз М. — Философия биологии. «Прогресс», М., 1977.
47. Саксен Л., Тойвонен С. — Первичная эмбриональная индукция «ИЛ», М., 1963.
48. Северцев А. И. — Морфологические закономерности эволюции М., — Л., 1939.
49. Сент-Дьерди А. — Введение в субмолекулярную биологию. «Наука», М., 1964.
50. Серавин Л. Н. — Происхождение эукариотной клетки. I. Исторические истоки и современное состояние концепции симбиотического и аутогенного происхождения клетки. Цитология, 28, 6, 563—675, 1986.
51. Сетров М. И. — Информационные процессы в биологических системах, «Наука», Л., 1975.
52. Сидорова В. Ф. — Постнатальный рост и восстановление внутренних органов у позвоночных, «Наука», М., 1969.
53. Солбриг О., Солбриг Д. — Популяционная биология и эволюция, «Мир», М., 1982.
54. Том Р. — Комментарии к статье К. Х. Уоддингтона «Основные биологические концепции». Сб.: На пути к теоретической биологии. I. Прологомены. «Мир», М., 38—46, 1970.

55. Трумен Д. — Биохимия клеточной дифференцировки, «Мир», М. 1976.
56. Туманишвили Г. Д. — Некоторые вопросы регуляции роста живых тканей. «Мецниереба», Тбилиси, 1965.
57. Туманишвили Г. Д. Две концепции теории дифференцировки клеток. Изв. АН ГССР, серия биол. н. ч., 2, 3, 189—191, 1976.
58. Туманишвили Г. Д. — Дифференцировка клеток. «Мецниереба» Тбилиси, 1977.
59. Туманишвили Г. Д. — К теории дифференцировки клеток: гипотеза наклонной плоскости. В кн.: Математическая биология развития «Наука», М., 67—77, 1982.
60. Туманишвили Г. Д. и Саламатина Н. В. — Дифференцировка, рост и взаимодействие клеток. «Мецниереба», Тбилиси, 1973.
61. Уоддингтон К. Х. — Организаторы и гены, «ИЛ», М., 1947.
62. Уоддингтон К. Х. — Основные биологические концепции. В сб. На пути к теоретической биологии. I. Прологомены. «Мир», М. Ред. Б. Л. Астаурова, 11—38, 1970.
63. Хакен Г. — Синергетика: неравновесные фазовые переходы и самоорганизация в биологических системах. В сб.: Термодинамика и кинетика биологических процессов, «Наука», М., 83—100, 1980.
64. Хорбаладзе Е. В. — Влияние тканевого экстракта на регенерацию конечности у бесхвостых амфибий. Изв. АН ГССР, серия биол. н. ч., 2, 5, 398—405, 1976.
65. Челидзе П. В., Туманишвили Г. Д., Джинджолия Ш. Р. — Влияние низкой температуры на ультраструктуру ядер гепатоцитов 11-суточных куриных зародышей. Цитология, 22, 10, 1146—1152 1980.
66. Челидзе П. В., Пирадашвили К. Н., Туманишвили Г. Д. — Ультраструктура ядер бластомеров развивающихся зародышей вьюна. I. Стадия бластулы. Интерфаза. Цитология, 24, 11, 1279—1285, 1982.
67. Шрёдингер Е. — Что такое жизнь? «ИЛ», М., 1947.
68. Эфрусси Б. — Гибридизация соматических клеток. «Мир», М. 1976.
69. Эшби Р. — Введение в кибернетику, «ИЛ», М., 1959.
70. Эшби Р. — Конструкция мозга «ИЛ» М., 1962.
71. Ярыгин В. Н. — Биология. «Медицина», М., 1985.
72. Abercrombie M. — General review on the differentiation In: Cell differentiation. De Reuck A. V. S. and Knight J. eds., J. a. A. Churchill Ltd., London, 3—17. 1967.

73. Brockes J. P. — Mitogenic growth factors and nerve dependance of limb regeneration. *Science*, 225, 1280—1287, 1984.
74. Brockes J. P. — Cellular and molecular studies of early events in amphibian limb regeneration. *Cell Differentiation*, 16, Suppl., 151, 1985.
75. Bullough W. S. — The evolution of differentiation. Acad. Press, New York and London, 1967.
76. Courtoy P. J., Lambert C., Feldman G., Moguilevsky N., and Rogier E. — Synchronous increase of four acute phase proteins synthesized by the same hepatocytes during the inflammatory reaction. A combined biochemical and morphological kinetics study in the rat. *Labor. Invest.*, 44, 105—115, 1981.
77. Dancoff S. N., Quastler H. — The information content and error rate of living things In: *Essays on the use of Information theory in biology*, H. Quastler ed. Univ. Illinois press. Urbana. 263—273, 1953.
78. Ebert J. —, Loewy A. G., Miller R. S., Schneiderman H. A. — *Biology*, Holt, Reinhart and Winston, Inc., 1973.
79. Elsasser W. M. — *Physical foundation of biology*. Pergamon press, London, 1958.
80. Fucude-Taira S. — Location of pre-hepatic cells in the early-development stages of quail embryos. *J. Embryol exp. Morphol.*, 64, 73—85, 1981.
81. Gartler S. M., — and Andina R. J. — Mammalian X-Chromosome inactivation. *Adv. Hum. Genet.* Ed. Harris N., Hirschhorn K. A. P. 7, 99—149, 1976.
82. Gehring W. J. — Genetic control of determination in the *Drosophila*-embryo. *Genetic Mechanisms of develop.*, Rudde T. H. ed., Acad-Press, New York and London, 103—128, 1973.
83. Goldman M. A.; Holwqvist G. P., Gray M. C., Caslon L. A., Nag A. Replication timing of genes and middle repetitive sequences. *Science*, 224, 686—692, 1984.
84. Graham C. F. — The disigh of the mouse blastocyst In: *Control mechanism of growth and differentiation*. Davies D. D. a. Balls M. eds., 371—378. 1971.
85. Grobstein C. — Differentiation: environmental factors, chemical and cellular. In: *Cells and tissues in culture*. Ed. E. Willner. Acad. Press. London—New York, 463—488, 1965.
86. Ham R. G., Veomett M. J. — *Mechanisms of development*. The C. V. Mosby Comp., St. Ionis, Toronto. London. 1980.
87. Hayflick L. — The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains, *Exp. Cell res.* 37, 614—636, 1965.

88. Hayflick L. a. Moorhead P. S.—The serial cultivation of human diploid cell strains. *Exp. Cell res.* 25, 585—621, 1961.
89. Holdane J. B. S.—The biochemistry of genetics. Q. Allen, a. Univ. Ltd., London, 1954.
90. Holtzer H. and Abbot J.—Oscillations of the chondrogenic phenotype in vitro In: The stability of the differentiated state, H. Ursprung. Ed. Springer—Verlag; Berlin, Heidelberg, New York, 2—16, 1968.
91. Hynes R. O. and Yamada K. M.—Fibronectins: Multifunctional modular glycoproteins. *J. Cell Biol.* 95, 369—377, 1982.
92. Kintner C. R., Brockes J. P.,—Monoclonal antibodies identify blastemal cells derived from differentiating muscle in new limb regeneration *Nature*, 308, 67—69, 1984
93. Mintz B.—Clonal basis of mammalian differentiation. In: Control mechanisms of growth and differentiation. Eds D. D. Davies, M. Balls. Cambridge Univ. Press, 345—370, 1971.
94. Nannenwirth M.—The inheritance of cell differentiation during limb regeneration in the axolotl. *Devel. Biol.* 41, 42—56, 1974.
95. Nannay D. L.—Epigenetic control systems. *proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 14, 712—717, 1958.
96. Nigon V and Godel J.—Genetic analysis of cell differentiation. Possible extension of the haemoglobin differon model to drosophile morphogenesis and immunoglobulin determination *J. theor. Biol.* 64 1. 97—111, 1977.
97. Nobuyoshi S.—Enzyme - and immunocytochemical analyses of the differentiation of liver cells in the prenatal mouse. *J. Embryol. exp. Morphol.* 62, 139—152, 1981.
98. Osborn M, and Weber K.—Intermediate filaments: Cell-type specific markers in differentiation and pathology. *Cell*, 31, 1, 363—366, 1982.
99. Paul J,—DNA masking in mammalian chromatin: A molecular mechanism for determination of cell-type. In: Current topics in devel. biol. Ed. A. A. Moscoue and A. Monry. Acad. Press, N. Y—London, 5, 317 | 352, 1973.
biol. Eds. Moscona A. A., Monroy A., Acad. press, New York, London, 5, 317—352, 1970.
100. Raven C. P.—Oogenesis. The storage of developmental information. Pergamon press, N. Y,—London, 1961,
101. Riley P, A,— The principle of sequential dependence in cellular-differentiation. *Differentiation*, 1, 183—139. 197.

102. Schjeide O. A. De Vellis J. — Introduction to lock In: Cell differentiation. Eds. Schjeide O. A. and De Vellis J, NewYork, Cincinnati—Toronto—Melbourne, 2—14, 1970.
103. Singer M., — Induction of regeneration of the forelimb of the postmetamorphic frog by augmentation of the nerve supply. J. Exp. Zool. 126, 419-472, 1954.
104. Sfeen I, P The role of muscle cells in Xenopus limb regeneration. Amer. Zool., 13, 1349, 1973.
105. Stein W, D., Ellis D. A. Shall S. — A mortalization theory for the origin of immortal cells. In Cell reproduction: In honor of Daniél Mazia. Eds. Dirksen E. R., Prescott D. M., Fox C, F.. Acad. Press, New York, San Francisco, 147—154. 1978.
- 106 Stone D.—Cell differentiation and carcinogenesis. Nature, 194. 1039—1047, 1962.
107. Stroeveva O. G. and Mitashov V. I. — Retinal pigment epithelium: proliferation and differentiation during development and regeneration, Int. Rev. Cytol., 83, 221 -293, 1984.
108. Tsanev R. and Sendov B. — An epigenetic mechanism for carcinogenesis Z. Krebsforsch. 76, 299—319. 1971.
109. Turing A. W. — The chemical basis of morphogenesis. Phil. Trans. Roy. Soc. London, 287, 37—72, 1952.
110. Vogel H., Nlewish H. and Mattioli C.—Stochastic development model of stem cells. J. theor. Biol. 22, 249—270, 1969.
111. Yamada T. — Developmental control of cell differentiation. Zool. Sci. 1, 333—348, 1984.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

1. წანამძღვრები	3
1.1. ტერმინოლოგია	3
1.2. თეორია	5
1.3. აქსიომები	9
1.4. ინფორმაცია	10
1.5. მართვა და რეგულაცია	23
2. ცოცხალი სისტემის ძირითადი თვისებები. აქსიომები.	27
2.1. ინფორმაციის ჩაოდნობა ცოცხალ სისტემაში (აქსიომა 1)	27
2.2. ცოცხალი სისტემის ინფორმაციის ცვლილებები განვითარების პროცესში (აქსიომა 2)	33
2.3. ინფორმაციის ნაკადები და თვითრეგულირების (თვითმორგვარების) პროცესები ცოცხალ სისტემაში (აქსიომა 3)	43
2.4. მთლიანი სისტემისა და მისი კომპონენტების ქცევის ურთიერთმიმართება ცოცხალ სისტემებში (აქსიომა 4)	49
2.5. გამარტივების შეზღუდვის პრინციპი	52
3. ონტოგენეზის დამახასიათებელი აქსიომებიდან გამომდინარე შედეგები.	53
ადაპტაცია (შეგუება) და განვითარება	53
3.1. ადაპტაცია	53
3.2. განვითარება	61
3.2.1. განვითარება და თვითრეგულირება	62
3.2.2. განვითარება და ინფორმაციის ცვალებადობა	65
3.2.3. სისტემების თვითორგანიზაციის თეორია და ონტოგენეზი	67
4. ონტოგენეზური ინფორმაციული თეორიიდან გამომდინარე კიდევ რამდენიმე შედეგი	73
4.1. უჯრედების დიფერენცირება	73
4.2. წინასწარი შენიშვნები უჯრედების დიფერენცირების შესახებ.	74
4.2.1. უჯრედთა დიფერენცირების განსაზღვრება	74
4.2.2. ერთუჯრედიანი ორგანიზმის დიფერენცირება	75
4.2.3. დიფერენცირება და ალბათობა	77
4.2.4. უჯრედთა დიფერენცირების შეუქცევადობა	77
4.3. უჯრედული გზის ანუ დიფერონის ცნება	78
4.3.1. უჯრედული გზა (დიფერონი) და დიფერენცირების კიდევ ერთი განსაზღვრება	78
4.3.2. უჯრედის დიფერენცირების მიმართულება	81

4.3.3. დიფერენცირების „ნულოვანი წერტილი“	83
4.4. დიფერენცირების სტიმულები: უჩრდის მდგომარეობის სტაბილობა (მდგრადობა) და დიფერენცირების კრიტერიუმები	85
4.4.1. დიფერენცირების სტიმულები	85
4.4.2. დიფერენცირების სტიმულების ბუნება	91
4.4.3. გამეტები — უცნაური ბედ-იღბლის უჩრდები	102
4.5. ზოგიერთი მოსაზრება ცოცხალი სამყაროს ევოლუციაზე	104
4.5.1. ორგანიზმების შეგუებადობის განსაზღვრა	108
4.5.2. ორგანიზმების ორგანიზაციის სიმალის განსაზღვრა	109
4.5.3. ცოცხალი სისტემების ევოლუციის პროცესში ორგანიზაციის ამაღლების ბუნება	116.
ლიტერატურა	123

Туманишвили Григорий Дмитриевич
ОНТОГЕНЕЗНАЯ ТЕОРИЯ ЖИВОЙ СИСТЕМЫ

(на грузинском языке)

Издательство Тбилисского университета
Тбилиси 1991

გამომცემლობის რედაქტორი ნ. ჯანთარია
სამსატვრო რედაქტორი ი. ჩიქვინიძე
ტექნიკური რედაქტორი ფ. ბუღალაშვილი
კორექტორი ე. წერეთელი

გადაეცა წარმოებას 23.04.91. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 10.12.91.
საბეჭდი ქაღალდი 60×84¹/₁₆. შირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8,25.
სააღრ.-საგამომც. თაბახი 6,63. ტირაჟი 500. შეკვეთის № 218
ფასი 1 მან. 50 კაპ.

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,
თბილისი, 380028, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 14.
Издательство Тбилисского университета,
Тбилиси, 380028, пр. И. Чавчавадзе, 14.

თბილისის უნივერსიტეტის სტამბა,
თბილისი, 380028, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 1.
Типография Тбилисского университета,
Тбилиси, 380028, пр. И. Чавчавадзе, 1.